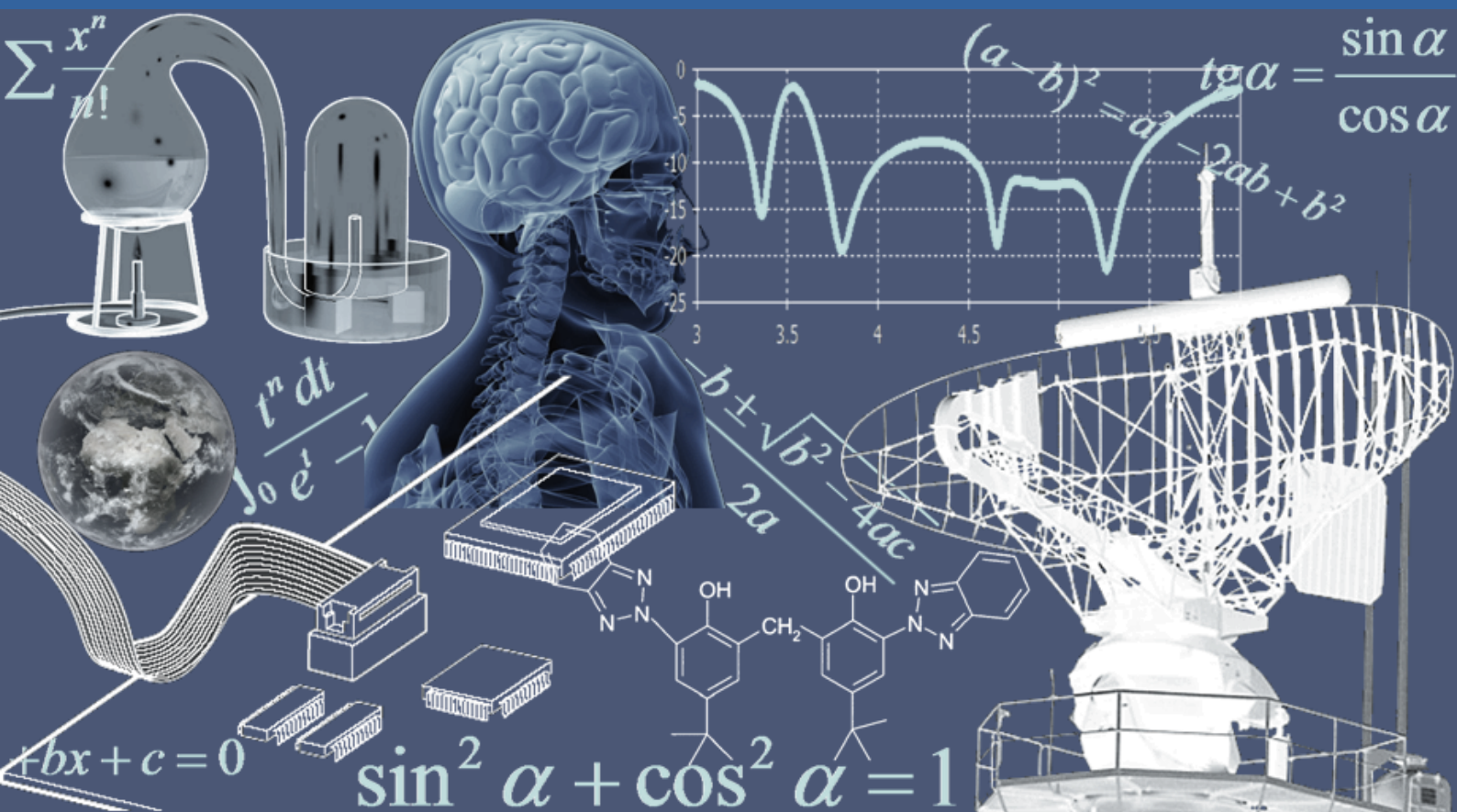


# INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 31 N. 3 December 2020



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**, Ph.D. of Science in Chemical engineering, Process Engineer & Risk Specialist of Oil and Gas Refinery Company, 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  
**Malika Maataoui**, Mohammed V University, Morocco  
**Fabio De Felice**, University of Cassino and Southern Lazio, Italy  
**Giovanni Leonardi**, Mediterranea University of Reggio Calabria, Italy  
**Siham El Gouzi**, Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, Spain  
**Mohamed KOSSAÏ**, European Business School EBS Paris, France  
**Mustafa Batuhan AYHAN**, Marmara University, Turkey  
**Andrzej Klimczuk**, Warsaw School of Economics, Poland  
**Corinthias P. M. Sianipar**, Tokyo University of Science, Japan  
**Irfan Jamil**, Sinohydro Engineering, China  
**Sukumar Senthilkumar**, Chonbuk National University, South Korea  
**Bratu (Simionescu) Mihaela**, Bucharest University of Economic Studies, Romania  
**Mirela Maria Codescu**, National Institute for R&D in Electrical Engineering ICPE-CA, Romania  
**Milen Zamfirov**, St. Kliment Ohridski Sofia University, Bulgaria  
**Svetoslava Saeva**, Neofit Rilski South-West University, Bulgaria  
**Dimitris Kavrouidakis**, University of the Aegean, Greece  
**Vaitsa Giannouli**, Aristotle University of Thessaloniki, Greece  
**Nataša Pomazalová**, Mendel University in Brno, Czech Republic  
**Hazem M. Shaheen**, Damanhour University, Egypt  
**Shalini Jain**, Manipal University Jaipur, India  
**Amin Jula**, National University of Malaysia, Malaysia  
**Mahdi Moharrampour**, Islamic Azad University, Buin zahra Branch, Iran  
**Ricardo Rodriguez**, Technological University of Ciudad Juarez, Mexico  
**Yuniel E. Proenza Arias**, Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba  
**Elizabeth Bissell Miller**, University of Missouri, Columbia  
**Bertin Désiré SOH FOTSING**, University of Dschang, Cameroon  
**Antonella Petrillo**, University of Cassino and Southern Lazio, Italy  
**Hong Zhao**, The Pennsylvania State University, USA  
**Jianjun Chen**, The University of Chicago, USA  
**Shaju George**, Royal University for Women, Kingdom of Bahrain  
**Chandrasekaran Subramaniam**, Kumaraguru College of Technology, India  
**Ilango Velchamy**, New Horizon College of Engineering, India  
**M. Kumaresan**, M.P.N.M.J. Engineering College, India  
**Mohammad Valipour**, University of Tehran, Iran  
**Mohameden Sidi El Vally**, King Khalid University, KSA  
**Mona Hedayat**, Boston Children's Hospital, Harvard Medical School, USA  
**Suresh Kumar Alla**, Advanced Medical Technologies, BD Technologies, USA  
**Ahmed Hashim Mohaisen Al-Yasari**, Babylon University, Iraq  
**Aziz Ibrahim Abdulla**, Tikrit University, Iraq  
**Khalid Mohammed Shaheen**, Technical College of Mosul, Iraq  
**Baskaran Kasi**, Kuala Lumpur Infrastructure University College, Malaysia  
**Nurul Fadly Habidin**, Universiti Pendidikan Sultan Idris, Malaysia  
**Adnan Riaz**, Allama Iqbal Open University, Pakistan  
**Syed Noor Ul Abideen**, KPK Agricultural University, Pakistan  
**Arab Karim**, M'Hammed Bougara University of Bumerdes, Algeria  
**Zoubir Dahmani**, UMAB University of Mostaganem, Algeria  
**Mohsen Brahmi**, Sfax University, Tunisia  
**Mongi Besbes**, University of Carthage, Tunisia  
**Mai S. Mabrouk**, Misr University for Science and Technology, Egypt  
**Olfat A Diab Kandil**, Misr University for Science and Technology, Egypt

**Munir Ahmed G. Timol**, Veer Narmad South Gujarat University, India  
**Saravanan Vasudevan**, Arunai Engineering College, India



## Table of Contents

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Potentiel productif de la luzerne ( <i>Medicago Sativa</i> L.) fourragère cultivée en saison pluvieuse au Niger<br><i>Ousseina Saidou Toure</i>                                                                                                                                                                                                                                           | 380-387 |
| Suivi tensiométrique de l'évolution de réserve en eau du sol dans un site de culture maraichère de l'oignon<br><i>Aboubacar Kadri, Yahaya Abdou, Hayyo Halilou, and Adamou Moumouni Dan Mairi</i>                                                                                                                                                                                         | 388-397 |
| EPIDEMIOLOGICAL AND CLINICAL STUDY OF ROTAVIRUS DIARRHEAL CHILDREN UNDER 5 YEARS AT PANZI GENERAL REFERENCE HOSPITAL (DRC / SUD-KIVU / BUKAVU)<br><i>Mwindja N. Luhiriri, Opara J. Alworonga, Céline Kavira, Tudiakwile L. Kanku, Mwilo Mambo, Birindwa Bwihangane, and Théophile Kashosi</i>                                                                                             | 398-403 |
| Les écarts de prélèvements obligatoires entre le Maroc et la zone CDEAO<br><i>Rachid Bahloula</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 404-417 |
| La perception des éleveurs sur les causes et les conséquences de la régression de l'effectif du mouton Koundoum au Niger<br><i>Issa Hamadou, Seyni Sidlo, Mamman Mani, Moumouni Issa, and Marichatou Hamani</i>                                                                                                                                                                           | 418-427 |
| Etude de la relation entre l'exposition à la pollution atmosphérique liée au trafic routier et l'incidence des pathologies respiratoires au niveau de la ville de Meknès, Maroc<br><i>Ibrahim El Ghazi, Imane Berni, Aziza Menouni, Mohammed Amame, Marie-Paule Kestemont, and Samir El Jaafari</i>                                                                                       | 428-443 |
| Effet de l'abstraction linguistique sur la désapprobation intragroupe du recours aux biais intergroupes linguistiques<br><i>Gustave Adolphe Messanga, Lionel Joël Dongmo Kengni, and Sylvestre Nzeuta Lontio</i>                                                                                                                                                                          | 444-451 |
| Fictionner, construire et déconstruire pour un monde Allochronotope: A la recherche de la dimension perdue<br><i>Mohamed Ali Chtioui and Hafedh Djedidi</i>                                                                                                                                                                                                                               | 452-457 |
| Profil de l'offre des soins médicaux en milieu urbain africain: Cas de la ville de Goma à l'est de la RDC<br><i>Jean-Bosco Kahindo Mbeva, Mitangala Ndeba Prudence, Hermès Karemere, Edgar Tsongo Musubao, Ntabe Namegabe Edmond, and Celestin Kimanuka</i>                                                                                                                               | 458-471 |
| L'apprentissage du raisonnement clinique en prothèse dentaire (Partie I: évaluation du raisonnement clinique chez les internes en Médecine dentaire)<br><i>Imane Boujoual, B. Mbarki, R. Bahlioui, and Abderrahman Andoh</i>                                                                                                                                                              | 472-483 |
| L'apprentissage du raisonnement clinique en prothèse dentaire (Partie II: Enquête de satisfaction relative à l'introduction de l'ARC comme méthode de pédagogie active chez les internes en médecine dentaire)<br><i>Imane Boujoual, B. Mbarki, R. Bahlioui, and Abderrahman Andoh</i>                                                                                                    | 484-497 |
| Comportement à la flottation du minerai oxydé cuprocobaltifère de Kimpe en RD Congo par sulfuration superficielle<br><i>P. Sony, O. Tshibangu, G. Kasongo, F. Manene, P. Kalenga, L. Zeka, and A. Ilunga</i>                                                                                                                                                                              | 498-508 |
| Etude des taux élevés des césariennes associés aux déficits des diagnostics et aux décès maternels dans la division provinciale de santé de Lomami (RD Congo)<br><i>N.B. Mukuna, N.N. Kabvahura, Y.C. Kyungu, L.E. Lubangi, and M.A. Kiomba</i>                                                                                                                                           | 509-516 |
| La qualité de vie et le cadre urbain: Pour quelle approche de mesure ?<br><i>Chouaf Houria and Gherzouli Lazhar</i>                                                                                                                                                                                                                                                                       | 517-528 |
| Impact de la variation des paramètres climatiques sur la production du riz pluvial dans la région du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire)<br><i>Affoué Berthe Yao, Kouao Armand Anoh, Zilé Alex Kouadio, Kouakou Lazare Kouassi, Kouakou Bernard Dje, and Kouassi Edouard Yao</i>                                                                                            | 529-541 |
| Contribution à l'étude pétrolière dans le bassin Ouest Congolien: Cas des formations géologiques affleurant aux environs de Sekelolo et de Kwilu, Snel dans la province de Kongo Central, RD Congo<br><i>David Ndumbi Katende, Raïs Seki Lenzo, Jean Pierre Kalay Kut, Shams Mbudi Diambu, Hugues Makima Moyikula, Grady Kalonji Lelo, Jeaney Lusongo Elua, and Yanick Mananga Thamba</i> | 542-554 |
| Causes et fréquences des anémies sévères chez les enfants sous cinq ans à l'Hôpital Général de Référence de Kabinda                                                                                                                                                                                                                                                                       | 555-559 |

N.B. Mukuna, N.N. Kabayahura, M.J.B. Kawumbu, and L.E. Lubangi

Relation entre couvert végétal et les termes du bilan hydrologique dans le bassin versant forestier de la Hana au sud-ouest de la Côte d'Ivoire 560-574

Siaka Bakayoko, Ismaïla Ouattara, Amidou Dao, Seydou Diallo, and Bamory Kamagaté

Etude chimique et activité antioxydante des huiles essentielles de deux Annonaceae endémiques (*Uvaria chamae* et *Monanthotaxis capea*) de Côte d'Ivoire 575-586

Oussou Kouamé Raphaël, Choho Meney Frédéric, Kassi Amian Brise Benjamin, and Dongui Bini Kouamé

FPGA Based on airflow Noise Cancelling of mechanical ventilation 587-592

Khalifa Elmansouri, Mohamed Abouzahir, and Aziz Et-Tahir

Termite communities in lemon tree plantations (*Citrus limon*, Rutaceae) in the Tiassalé region (South of Côte d'Ivoire) 593-601

Akpesse A. Alexandre Moïse, Coulibaly Tenon, Agossadou H. Anette, and Koua K. Herve

Les documents pour une situation d'enseignement, apprentissage des rapports de 3C: Cas des enseignants de l'Enseignement Primaire, Secondaire et Technique 602-630

Israël DISASHI KABADI, Boniface Engombe Wedi, and Alain Kuzniak

Quid de la création d'une structure de sécurité sociale en République Démocratique du Congo dans la ville de Lubumbashi 631-647

Manika Tshishimu Paul

Impact de la Certification ISO 9001 sur la Performance Organisationnelle: Etat de L'Art 648-654

Ibtissam El Moury, Mohammed Hadini, Adil Chebir, and Adil Echchelh

Influence of the coupling of IrO<sub>2</sub> and PtO<sub>x</sub> on the charging / discharging process at the electrode / electrolytic solution interface 655-667

Kambiré Ollo, Pohan Lemeyonouin Aliou Guillaume, Kouakou Yao Urbain, Kimou Kouakou Jocelin, Koffi Konan Sylvestre, Kouadio Kouakou Etienne, and Ouattara Lassiné

## Potentiel productif de la luzerne (*Medicago Sativa L.*) fourragère cultivée en saison pluvieuse au Niger

### [ Productive potential of alfalfa (*Medicago Sativa L.*) fodder grown in the rainy season in Niger ]

Ousseina Saidou Toure

Département des Productions Animales, Faculté d'Agronomies, Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger

Copyright © 2020 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:** Food problem and availability of fodder are real development's brakes of breeding in Sahel. The aim of study is to determine productivity of alfalfa grown in rainy season. It was carried out on experimental site of Faculty of Agronomy in Abdou Moumouni University (Niamey). Experimental set-up consists of 8 plots of 3m x 2m with inter-plot spacing of 1 m. A spacing of 20 cm by 20 cm was used when sowing. Water was added when needed and 100 kg NPK per hectare was added after first cut. An emergence rate of 15.52% was obtained respectively, number of branches reached  $4 \pm 2$  branches at 1<sup>st</sup> cut. Height of plants was  $41.33 \pm 10.31$  cm 45 days after sowing;  $41.67 \pm 9.79$  cm at 2<sup>nd</sup> cut in 20 days and  $29.5 \pm 7.63$  cm at 3<sup>rd</sup> cut in 20 days. The yield (kg DM / ha) at first cut is 510.7 kg. At second cut, it is 1394.95 kg and the third cut yield is 944.42 kg. The average production in 85 days is 2850.07 kg DM / ha. This culture is promising, given conditions and means used during trial. It can produce better when put in best conditions.

**KEYWORDS:** Alfalfa; *Medicago sativa L.*; productivity; rainy season; Niamey.

**RESUME:** Le problème alimentaire et du disponible fourrager constituent les véritables freins au développement de l'élevage au Sahel. L'étude a pour but de déterminer la productivité de la luzerne cultivée en saison pluvieuse. Elle a été réalisée sur le site expérimental de la Faculté d'Agronomie de l'Université Abdou Moumouni (Niamey). Le dispositif expérimental est constitué de 8 parcelles de 3m x 2m avec des espacements inter-parcelles de 1 m. Un écartement de 20 cm sur 20 cm était utilisé lors du semis. Un apport d'eau est apporté en cas de besoin et un apport de 100 kg de NPK à l'hectare est fait après la première coupe. Un taux de levée de 15,52% est obtenu. Le nombre de rameaux a atteint  $4 \pm 2$  à la 1<sup>ère</sup> coupe et la hauteur des plants est de  $41,33 \pm 10,31$  cm 45 jours après semis;  $41,67 \pm 9,79$  cm à la 2<sup>ème</sup> coupe en 20 jours et  $29,5 \pm 7,63$  cm à la 3<sup>ème</sup> coupe en 20 jours. Le rendement (kg MS/ha) à la première coupe est de 510,7 kg. A la deuxième, il est de 1394,95 kg. Pour la troisième coupe, il est de 944,42 kg. La production moyenne en 85 jours est 2850,07 kg MS/ha. Cette culture est prometteuse, vue les conditions de réalisation de cet essai. Elle peut mieux produire lorsqu'elle est cultivée dans des conditions meilleures.

**MOTS-CLEFS:** Luzerne; *Medicago sativa L.*; productivité; saison pluvieuse, Niamey.

## 1 INTRODUCTION

Au Niger, l'alimentation du troupeau est essentiellement basée sur la production fourragère des parcours naturels et de quelques résidus de cultures [1]. Ces deux productions n'arrivent pas à couvrir les besoins des animaux. Ces parcours sont également dominés par des graminées dont la valeur nutritive reste quasi-insignifiante au cours de longue saison sèche [2]. L'une des alternatives à ce problème est la culture fourragère, en particulier les légumineuses. La production des cultures

fourragères irriguées semble alors bien adaptée. Elle constitue une nouvelle forme d'adaptation au déficit fourrager de plus en plus récurrent et permet aussi de faire face à une demande sans cesse croissante en aliments pour bétail. Parmi ces légumineuses, on distingue la luzerne (*Medicago sativa* L.) qui est l'une des plantes fourragères les plus répandues sur tous les continents. Sa culture remonterait à plus de 9 000 ans, dans les hauts plateaux du Caucase, de l'Iran, de la Turquie d'où elle serait répandue dans le monde entier [3]. L'efficacité de son système racinaire lui permet de résister à une sécheresse de 3 à 4 mois avec une possibilité de réaliser la culture dans des oasis [4], [5]. Le fourrage de luzerne est hautement digestible (60-75% de la matière sèche totale) [6]. Aussi, la luzerne peut fournir un fourrage dont la valeur énergétique par kg de matière sèche oscille entre 0,7 et 0,8 UF pour les feuilles; 0,6 et 0,7 UF pour les tiges puis 0,4 et 0,5 UF pour les gousses [7]. L'amélioration de la structure du sol, l'augmentation de la fertilité des sols par la fixation d'azote, la réduction de l'érosion du sol et une plus grande biodiversité des sols sont des avantages environnementaux obtenus par la culture de la luzerne [5]. La luzerne peut être une alternative dans l'alimentation animale en substituant, grâce à sa valeur protéique, les concentrés tout en assurant une sécurité alimentaire et sanitaire. La présente étude s'inscrit dans le cadre de la caractérisation de cette légumineuse afin d'étudier la possibilité de mise en place d'une banque fourragère à base de luzerne.

## 2 MATERIEL ET METHODES

### 2.1 MATERIEL

#### 2.1.1 SITE EXPERIMENTAL

L'étude a été menée au parc expérimental de la Faculté d'Agronomie de l'Université Abdou Moumouni de Niamey (FA/UAM). Cette dernière est localisée dans l'arrondissement communal Niamey V, situé entre 13°37' et 13°51' de latitude nord puis 2°02' et 2°09' de longitude est, avec une altitude moyenne de 185 m. Le climat est de type sahélien avec des températures élevées (43°C) entre Avril et Juin et des températures basses (15°C) entre Décembre et Janvier [8]. La pluviométrie varie de 300 à 600 mm par an (2009-2019) à l'exception de quelques années où on a enregistré un cumul supérieur à 700 mm (Faculté d'Agronomie/UAM, 2019). Le sol a une structure sablo-limoneuse avec une prédominance de sable.

#### 2.1.2 MATERIEL BIOLOGIQUE

Le matériel biologique est constitué de la semence de luzerne (*Medicago sativa* L.) provenant de la vallée de l'Irhazer au Niger.

### 2.2 METHODES

#### 2.2.1 TEST DE GERMINATION

Le test de germination a été effectué dans 10 boîtes de pétri désinfectées avec l'eau javellisée puis tapissées de papier absorbant humidifié avec l'eau de robinet. Dans chacune des boîtes, 20 graines sont mises à germer. Les boîtes de pétri sont déposées à la température ambiante du laboratoire. Les observations ont débuté 12 heures après l'introduction des graines dans les boîtes jusqu'à ce qu'on constate qu'il n'y a plus de germination. Le critère retenu pour la germination est l'apparition de la radicule.

Les paramètres retenus pour l'évaluation de la germination sont le délai de germination (en heure), la durée de germination (en jours) et le taux de germination (%):  $T = (G/N) \times 100$  avec G = nombre de graines germées et N = nombre de graines mises à germer.

#### 2.2.2 DISPOSITIF EXPERIMENTAL ET MISE EN PLACE DE LA CULTURE

Une préparation préalable du sol a été faite avant le semis en vue de désherber, d'ameubler et de délimiter les parcelles expérimentales. Le dispositif expérimental est composé de huit parcelles de dimension 2 m x 3 m chacune. L'écartement entre les poquets est de 20 cm x 20 cm et 1 m entre les parcelles. Le semis a été fait le 7 juillet 2019 en poquets à raison de cinq (5) graines par poquet à une profondeur de 1 à 1,5 cm. Un arrosage d'appoint est fait en cas de poche de sécheresse. Un désherbage manuel est effectué régulièrement. Un démariage a été fait 18 jours après semis et deux plants, ceux ayant plus de vigueur sont laissés dans le poquet. Les mesures sur la croissance ont débuté le 5<sup>ème</sup> jour après semis et se font chaque 5 jours puis se sont poursuivies tous les 2 jours à partir du 18<sup>ème</sup> jour jusqu'à la 1<sup>ère</sup> coupe. Un apport de NPK a été effectué au 2<sup>ème</sup> jour après la première coupe à la dose de 100 kg à l'hectare. Il a été effectué à la volée après une pluie et un labour manuel.

### 2.2.3 COLLECTE DES DONNEES

Les observations sur la levée sont faites chaque jour sur une période de dix (10) jours afin de déterminer le délai, la durée et le taux de levée. Les mesures et les observations de la culture ont concerné la hauteur, le nombre de rameaux, le moment de la récolte et la mesure de la biomasse.

La récolte de la biomasse est effectuée au moment de la floraison et les autres coupes tous les 20 jours. Les plants sont coupés à 15 cm du collet pour permettre une meilleure régénération. Le séchage de la biomasse foliaire est effectué à la température ambiante du laboratoire puis à l'étuve (à 75°C) jusqu'à l'obtention d'un poids constant. L'évaluation de la capacité de régénération de la luzerne est effectuée après la coupe en observant l'émergence des nouveaux rameaux.

## 3 RESULTATS ET DISCUSSION

### 3.1 RESULTAT

#### 3.1.1 GERMINATION ET LEVEE

Le tableau 1 indique le délai, la durée et le taux de germination et de levée.

**Tableau 1. Paramètres de germination et de levée**

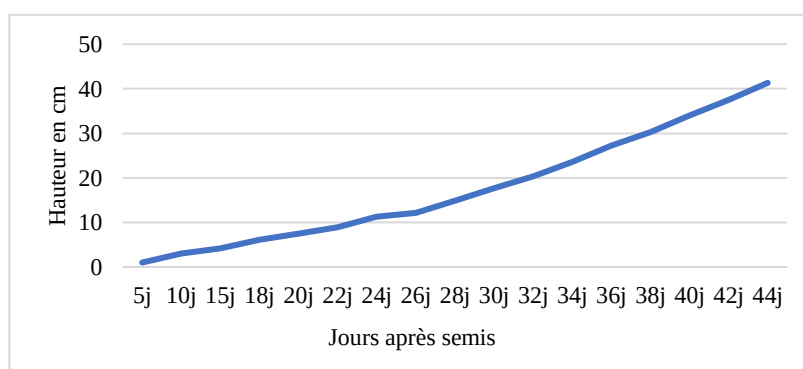
| Etape       | Délai (heures) | Durée (jours) | Taux (%) |
|-------------|----------------|---------------|----------|
| Germination | 12             | 3             | 62,5     |
| Levée       | 72 heures      | 6             | 15,52    |

Le tableau 1 montre que les semences ont un taux de germination de l'ordre de 62,5 %; une durée de germination de 3 jours et un délai de germination de 12 heures. La dernière levée a été observée au 6<sup>ème</sup> jour après semis avec un taux de 15,52% et un délai de levée 72 heures.

#### 3.1.2 CROISSANCE DES PLANTS

##### 3.1.2.1 HAUTEUR DES PLANTS

La figure 2 illustre la croissance de la luzerne du 5<sup>ème</sup> au 44<sup>ème</sup> jour après semis.



**Fig. 1. Courbe de croissance du *Medicago sativa L.* du semis au 44<sup>ème</sup> jour**

La figure 1 montre que la courbe de croissance évolue de façon continue jusqu'à la coupe. La croissance des plants est lente (accroissement moyen de 11,17 cm) du 5<sup>ème</sup> au 26<sup>ème</sup> jour après semis. Cette croissance est accélérée (accroissement moyen 18,11 cm) entre le 26<sup>ème</sup> et 38<sup>ème</sup> jour après semis. Elle s'accroît plus à partir du 38<sup>ème</sup> jour après semis et ce jusqu'à la récolte. Les figures suivantes illustrent l'aspect des plants à 1 mois (figure 2) et à 45 jours (figure 3) après semis.



**Fig. 2. Plants de luzerne à 1 mois après semis**



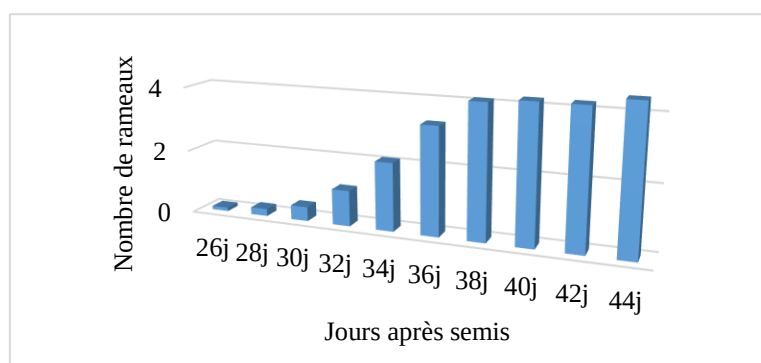
**Fig. 3. Plants de luzerne à 45 jours après semis**

La figure 2 montre que jusqu'à un mois après semis, le sol n'est pas entièrement couvert alors que la luzerne a commencé à dominer la parcelle au 45<sup>ème</sup> jour (figure 3).

### 3.1.2.2 NOMBRE DE RAMEAUX

Les 1<sup>ères</sup> ramifications ont été observées au 26<sup>ème</sup> jour après semis.

La figure 4 présente l'évolution du nombre de rameaux de la luzerne du 26<sup>ème</sup> jour après semis à la 1<sup>ère</sup> coupe.



**Fig. 4. Evolution du nombre de rameaux du semis au 44<sup>ème</sup> jour après semis**

On constate que l'augmentation du nombre de rameaux est lente du 26<sup>ème</sup> au 32<sup>ème</sup> JAS où on enregistre en moyenne un seul rameau. A partir du 32<sup>ème</sup> et jusqu'au 38<sup>ème</sup> jour après semis, l'augmentation est plus importante (augmentation moyenne



de 3 rameaux). Celle-ci se ralentit du 38<sup>ème</sup> jour après semis et ce jusqu'à la récolte avec une moyenne de 1 rameau. Au 44<sup>ème</sup> jour après semis, les plants ont en moyenne 5 rameaux.

### 3.1.2.3 FLORAISON ET FRUCTIFICATION

Les premières fleurs sont apparues le 34<sup>ème</sup> jour après semis. L'époque de floraison se situe autour du 42<sup>ème</sup> jour après semis. Elle est suivie de la fructification à partir du 45<sup>ème</sup> jour. Toutefois, les gousses n'ont pas atteint le stade remplissage, ni mûrissement avant la coupe des plants.

### 3.1.2.4 PRODUCTION DE LA BIOMASSE FOLIAIRE

Le rendement moyen en kg de matière sèche à l'hectare est de  $510,7 \pm 42,35$  à la 1<sup>ère</sup> coupe;  $1394,95 \pm 174,03$  à la 2<sup>ème</sup> coupe;  $944,42 \pm 106,57$  à la 3<sup>ème</sup> coupe. La production totale en trois coupes (85 jours) est estimée à 2850,07 kg/ha.

### 3.1.3 CAPACITE DE REPRISE DES PLANTS APRES LA COUPE

La figure 5 montre l'évolution de la luzerne après la 1<sup>ère</sup> coupe.

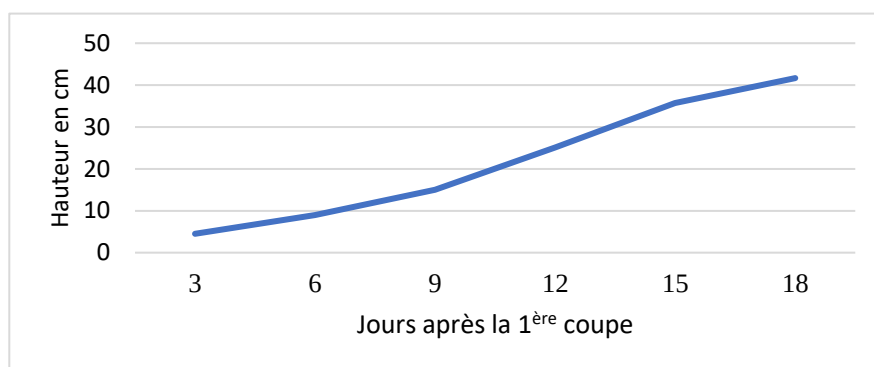


Fig. 5. Courbe de croissance de la luzerne après la 1<sup>ère</sup> coupe

La croissance est lente du 3<sup>ème</sup> au 9<sup>ème</sup> jour après la coupe (avec un accroissement moyen de 10,5 cm), puis accélérée (accroissement moyen de 20,75 cm), entre le 9<sup>ème</sup> et le 15<sup>ème</sup> jour après la coupe. Elle est ralentie à partir du 15<sup>ème</sup> jour après la coupe jusqu'à la récolte.

L'augmentation des rameaux secondaires est négligeable contrairement aux rameaux tertiaires qui ont connu une forte évolution. En effet, le nombre total de rameaux à la deuxième coupe est de 8 rameaux secondaires et 18 rameaux tertiaires.

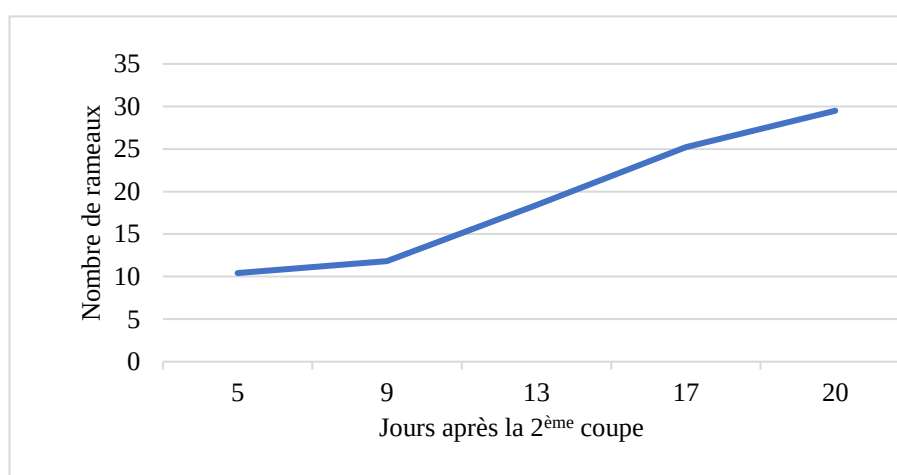


Fig. 6. Plants de luzerne au 1<sup>er</sup> jour après la coupe



**Fig. 7. Plants de luzerne au 15<sup>ème</sup> jour après la coupe**

La figure 8 présente la courbe de croissance de la luzerne après la 2<sup>ème</sup> coupe



**Fig. 8. Courbe de croissance de la luzerne après la 2<sup>ème</sup> coupe**

L'analyse de la figure 8 montre que la croissance est lente du 5<sup>ème</sup> au 9<sup>ème</sup> jour après la coupe (accroissement moyen de 1,41cm). Elle s'accélère du 9<sup>ème</sup> au 17<sup>ème</sup> jour (accroissement moyen de 12,12 cm). Elle se ralentit à partir du 17<sup>ème</sup> jour après la coupe.

## 4 DISCUSSION

### 4.1 GERMINATION ET LEVEE

La germination et la levée constituent des étapes clés parmi les plus importantes dans le développement du germe et la croissance de la future plante.

Le taux de germination (62,5%) est faible par rapport au taux de 80% obtenu par Wang et al [9]. Ce faible taux peut s'expliquer par la qualité des graines, l'effet de la conservation et les conditions dans lesquelles le test a été effectué (eau distillée, théoriquement exempte de bactéries et de certains minéraux). Les premières levées ont été observées le 3<sup>ème</sup> jour après le semis et ont continué jusqu'au 6<sup>ème</sup> jour après semis. Le temps entre le semis et les premières levées se rapproche des 4-5 jours après semis définis par Arnaud et Guy [10]. Le stockage des semences utilisées n'aurait donc pas eu d'effets pouvant compromettre le délai de germination et de levée des semences. La proportion 15,52% de taux de levée est inférieur aux taux: 96%, 62,06%, 50% obtenus respectivement différents auteurs [11], [2], [9]. Cette différence peut s'expliquer par le fait que les conditions climatiques (température, lumière...), d'expérimentation et les périodes de semis sont différentes. Ça peut aussi

s'expliquer d'une part, par la conservation des semences qui pourrait induire des effets négatifs sur le pouvoir germinatif de ces semences ou encore rendre les semences non viables et d'autres part, par la qualité du sol et la quantité de pluies tombée après le semis, bien qu'il eût un apport d'eau en cas de poche sécheresse.

#### **4.2 CROISSANCE DES PLANTS**

Au cours de cet essai, la culture a connu deux stades d'évolution : une croissance lente entre le 5<sup>ème</sup> et le 26<sup>ème</sup> jour après semis, puis s'accélère à partir du 28<sup>ème</sup> jusqu'à la coupe. La taille maximale 41 cm à 44 jours après semis correspond à la hauteur normale de la luzerne (*Medicago sativa L.*) située entre 30 cm et 80 cm au moment de la floraison [12]. Ce résultat est proche des 33,5 cm à 63 jours et 38 cm à 60 jours après semis, bien que la durée d'observation soit différente [2], [11]. Ces légères variations peuvent s'expliquer par la qualité du sol et les facteurs climatiques. La luzerne est une plante de jours longs. Son potentiel de croissance dépend de plusieurs facteurs: la disponibilité en eau, la température et le rayonnement visible intercepté par le couvert végétal [3]. Le nombre de rameaux qui varie de 1 au 26<sup>ème</sup> jour à 5 au 44<sup>ème</sup> jour est similaire des 2 à 4 tiges, 6 à 6,5 tiges en 4 cycles de coupes par an [3]. La floraison a débuté au 34<sup>ème</sup> jour du semis et a continué jusqu'à la récolte. Cette tendance a été observée par une floraison dans le deuxième mois après le semis [2], [10]. Néanmoins, un écart de 10 jours entre ce résultat et la floraison au 44<sup>ème</sup> jour après semis serait lié à la qualité des semences et aux techniques culturales [2].

#### **4.3 PRODUCTION DE LA BIOMASSE**

La première récolte a été faite au 45<sup>ème</sup> jour après semis. La production en matière sèche (kg/ha) est de  $510,7 \pm 42,35$  à la 1<sup>ère</sup> coupe;  $1394,95 \pm 174,03$  à la 2<sup>ème</sup> coupe;  $944,42 \pm 106,57$  à la 3<sup>ème</sup> coupe. Cette production est très faible à la 1<sup>ère</sup> coupe, moyennement faible à la 3<sup>ème</sup> et plus élevée à la 2<sup>ème</sup> coupe. La variation de la production moyenne de matière sèche par coupe serait probablement liée aux conditions climatiques, au niveau d'installation de la culture et à l'apport de fertilisant après la 1<sup>ère</sup> coupe. La production à la 1<sup>ère</sup> coupe est supérieure à 150 kg/ha [2]. La production est faible par rapport à celle obtenue par le projet d'appui au développement agricole de l'Irhazer, du Tamesna et de l'Aïr (PADA/ITA) qui est de 2,4 tonnes/ha par coupe. Aussi, ces résultats sont largement en dessous de 6 tonnes/ha à la première coupe [3]. Cette différence serait liée aux conditions climatiques, à la nature du sol, aux techniques culturales, à la hauteur de la coupe, à la densité du semis mais aussi à une mauvaise levée des plantules liée probablement à la qualité des semences. La production totale (2850,07 kg/ha de matière sèche en trois mois) est toutefois supérieure celle de plusieurs variétés de niébé cultivées au Niger: TN256-87 (1425kg/ha) et IN92E-26 (1226 kg/ha) qui ont montré une bonne production mixte de fanes et de graines par rapport à la variété *Lakadé* qui a une bonne aptitude fourragère avec un rendement en fanes de 1174 kg/ha [13].

#### **4.4 CAPACITÉ DE REPRISE DES PLANTS APRÈS LA COUPE**

La régénération des plants après la coupe dépend des conditions de culture. La régénération a été plus rapide après la première coupe qu'après la deuxième. Cette différence serait liée à l'apport de NPK réalisé après la première coupe, mais aussi à la fréquente humidité relative de l'air (61%) au mois d'août et début septembre [14].

Le ralentissement de la croissance après la deuxième coupe peut s'expliquer par l'augmentation de la chaleur (jusqu'à 42°C) et la faible humidité de l'air (46%) à partir de mi-septembre [14]. Ceci a déjà été rapporté par Mauriès [3] qui dit que, la croissance des jeunes plantules est rapide, entre 20 et 30°C. Cette température optimale diminue ensuite pour se situer à 15-25°C chez les plantes plus âgées. En dessous de 10°C et au-delà de 37°C, la croissance est fortement réduite.

Aussi, selon le même auteur, l'aptitude à la repousse de la luzerne dépend du niveau des réserves contenues dans le pivot. La luzerne est capable, grâce à son système racinaire pivotant, d'utiliser l'eau et les minéraux du sol à une profondeur qui peut atteindre dans certains cas les 6 m et plus et d'échapper ainsi aux périodes de sécheresse et mieux résister au stress hydrique. La luzerne a la capacité d'entrer en dormance dans les périodes de froid et d'assurer la croissance en conditions favorables. Le développement d'un système racinaire profond et la préservation des bourgeons qui assurent sa pérennité sont ainsi une priorité. La luzerne est donc une plante fourragère qui supporte la coupe et qui s'adapte bien aux conditions climatiques difficiles, telles que celles du milieu sahélien.

### **5 CONCLUSION**

Les résultats obtenus montrent qu'il est bien possible d'installer une banque fourragère à base de la luzerne en milieu difficile comme le Sahel. Bien que le taux de levée soit faible, la luzerne a atteint la hauteur normale (30 à 80 cm) avec une production totale de 2850,07 kg/ha de matière sèche en 85 jours. Un suivi sur un an s'avère nécessaire pour une évaluation

critique de la productivité de cette espèce. Mais, si on considère les moyennes de tous les facteurs étudiés comme bon indicateurs, on peut déduire que la semence offre des rendements intéressants. Ce rendement est plus important à la 2<sup>ème</sup> coupe, qui dépasse de loin celui des autres coupes et ceci lié surtout à l'apport de NPK effectué après la 1<sup>ère</sup> coupe. Ces rendements peuvent être améliorés en tenant compte des exigences de cette culture. Il serait souhaitable d'effectuer un labour profond et faire une analyse préalable du sol pour prévoir les amendements à faire, poursuivre l'étude sur une longue période pour connaître sa production annuelle et effectuer des analyses bromatologiques sur cette culture à différents stades phénologiques

## REFERENCES

- [1] Midou A. Ingestion volontaire et digestibilité des feuilles de mil (*Pennisetum glaucum*) chez les moutons. Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'ITA, Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni, 1992.
- [2] Guissa Z. I. Culture de la luzerne en milieu aride: adaptation et production foliaire. Mémoire de licence, Faculté des Sciences Agronomiques de Tahoua, 2018.
- [3] Mauriès M., Thénard V., Trommenschlager J. M., Intérêt de la luzerne déshydratée dans des rations complètes pour vaches laitières en début de lactation. INRA Prod. Anim., Vol. 15, No. 2, pp 119-124, 2002.
- [4] Fares S. Valorisation de la fixation de l'azote par des souches de rhizobium autochtones et introduite associées à *Medicago sativa* en zone semi-aride. Mémoire de magister. Université d'Oran « ES-SENIA », 2008.
- [5] Claudio P, RITA A. M, Bernadette J, Luciano P, Imane T. A, Khaled A, Meriem L, Aissa A, Taoufik H, Gregoire A, Paolo A, La culture de la luzerne dans un climat méditerranéen. Project REFORMA 'Resilient, water- and energy-Efficient Forage and feed crops for Mediterranean Agricultural systems, 2016.
- [6] Khelifi H. E., Bellague D., Khedim A., Chedjerat A., M'Hammedi B. M., Merabet B. A., Laouar M., Ben Messaoud A., Lazali M., Alou Y., Hadj-Omar K., Nabi M., Oumata S., Abdelguerfi A.. Etude du comportement de seize cultivars de luzerne pérenne (*Medicago sativa* L.) conduits sous deux régimes hydriques, dans deux régions (subhumide et semi-aride) de l'Algérie. In: Porqueddu C. (ed.), Tavares de Sousa M.M. (ed.). Sustainable Mediterranean grasslands and their multi-functions Zaragoza: CIHEAM / FAO / ENMP / SPPF. Série A, No 79, pp 323-326, 2008.
- [7] Aomari O, Comportement de seize cultivars de luzerne pérenne (*Medicago sativa* L.) en essai pluvial et irrigué au niveau de la Mitidja. Mémoire de Magister en Sciences Agronomiques. Ecole national supérieur d'Agronomie EL-HARRACH-ALGER, 2011.
- [8] INS, Annuaire statistique régionale de Niamey du 2010 à 2014, 2015.
- [9] Wang Y. R., Yu L. & Nan Z. B., Use of seed vigour tests to predict field emergence of Lucerne (*Medicago sativa*), New Zealand Journal of Agricultural Research, 39: 2, 255-262, 1996.
- [10] Arnaud D. et Guy P, La luzerne: culture et utilisation 1982.
- [11] Seidou A, Influence de la fertilisation phosphatée sur la croissance et le développement de la luzerne (*Medicago sativa* L.) cultivée en pots à l'ouest du Niger. Maîtrise es-sciences agronomiques, 2005.
- [12] Missbah E., Guerrouj K., Bouterfas M., Abdelmoumen H., Boukroute H. 2016. Prétraitement des graines de la luzerne arborescente (*Medicago arborea* L.) et influence de la salinité et de la température sur leurs germinations. Nature & Technologie. B- Sciences Agronomiques et Biologiques, n° 13, 8p.
- [13] Ado N. A., Analyse technico-économique de la production de quatre (4) variétés fourragères de niébé dans la station agronomique de l'INRAN et évaluation de la valeur alimentaire de ses fanes. Mémoire de Master, 2014.
- [14] Historique-météo Afrique, 2019. <https://www.historique-météo.net/afrique/niger> (14 octobre 2019).

## Suivi tensiométrique de l'évolution de réserve en eau du sol dans un site de culture maraichère de l'oignon

### [ Tensiometric monitoring of the evolution of the soil water reserve in an onion market garden site ]

**Aboubacar Kadri<sup>1</sup>, Yahaya Abdou<sup>1</sup>, Hayyo Halilou<sup>1</sup>, and Adamou Moumouni Dan Mairo<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni de Niamey, BP: 10960, Niger

<sup>2</sup>Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), Université de Tahoua, BP: 255 Tahoua, Niger

---

Copyright © 2020 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 Sahelian country, Niger has an arid climate. Socioeconomic development is essentially based on agriculture. This activity employs more than 80% of the working population in rural areas. Unfortunately, it is hampered by the scarcity and irregularity of water leading to a drop in crop yields and a risk of food insecurity. In this context, irrigation has established itself as an essential path for the sustainable development of agriculture in Niger. The objective of this study is the tensiometric monitoring of the evolution of soil water reserve. To achieve this objective, a device aimed at determining the reading on the tensiometer from which it is necessary to trigger the irrigation so that the crop does not suffer from water deficit, is installed on a clayey-sandy soil in the market gardening site of Birni N'Konni. The results led to the conclusion that the water supply is renewed each time the voltages observed are between 16 and 22 centibars. It should be noted that 24 hours after adding water, the voltages are between 05 and 06 centibars.

**KEYWORDS:** Vegetable crops, tensiometers, irrigation, onion.

**RESUME:** Pays sahélien, le Niger a un climat aride. Le développement socioéconomique est essentiellement basé sur l'agriculture. Cette activité emploie plus de 80 % de la population active dans les zones rurales. Malheureusement, elle est entravée par la rareté et l'irrégularité des eaux entraînant une baisse des rendements des cultures et un risque d'insécurité alimentaire. Dans ce contexte, l'irrigation s'est imposée comme une voie incontournable pour le développement durable de l'agriculture au Niger. L'objectif de cette étude est le suivi tensiométrique de l'évolution de réserve en eau du sol. Pour atteindre cet objectif, un dispositif visant à déterminer la lecture sur le tensiomètre à partir de laquelle on déclenche l'irrigation pour que la culture ne subisse pas de déficit hydrique, est installé sur un sol argilo-sableux dans le site maraîcher de Birni N'Konni. Les résultats ont permis de conclure que l'apport d'eau est renouvelé chaque fois que les tensions observées sont entre 16 et 22 centibars. Il est à noter que 24 heures après apport d'eau les tensions se situent entre 05 et 06 centibars.

**MOTS-CLEFS:** Cultures maraichères, tensiomètres, irrigation, oignon.

## 1 INTRODUCTION

Pays sahélien, le Niger couvre une superficie de 1 267 000 Km<sup>2</sup>. Le développement socioéconomique est essentiellement basé sur l'agriculture qui emploie plus de 80 % de la population active dans les zones rurales. Cependant, cette activité souffre de problème de baisse et d'irrégularité de la pluviométrie, de forte pression démographique et d'une dégradation continue

des ressources naturelles. Ces contraintes entraînent une baisse de rendements des cultures donc une menace à la sécurité alimentaire. Devant cette situation, l'agriculture irriguée se présente comme une alternative [1]. Mais, c'est une activité consommatrice de l'eau [1], [2]. Face aux limites des ressources en eau [1], la recherche de techniques d'irrigation économes d'eau devient une question indispensable pour une agriculture irriguée durable [3]. Pour qu'une gestion d'irrigation soit optimale, les apports en eau doivent prendre en compte les besoins des cultures, la nature du sol, les conditions climatiques [4], [5], [6]. En effet, les agriculteurs nigériens contrôlent l'irrigation sur la base de leur expérience sans critères techniques précis. Ils n'utilisent pas des instruments de mesure pour déterminer à quel moment irriguer. Leurs décisions se basent généralement sur l'aspect visuel de la culture et sur le toucher du sol, ce qui conduit souvent à une mauvaise gestion de l'eau.

Pour assurer une bonne gestion de l'eau, il est indispensable de connaître les besoins de la culture et suivre régulièrement la teneur en eau du sol [7]. Cette information permettra de préciser le moment favorable à l'irrigation et surtout les quantités d'eau apportées par rapport au type de sol et au besoin de la culture. L'objectif de cette étude est de faire un suivi de l'état hydrique du sol argilo-sableux par des mesures tensiométrique pour assurer une bonne régie de l'eau d'irrigation de la culture.

## 2 MATERIELS ET METHODES

### 2.1 SITE D'EXPERIMENTATION

L'étude a été menée sur un site de cultures maraichères à quatorze (14) km de Birnin Konni dans la région de Tahoua situé entre 13°50' de latitude Nord et 05°13' de longitude Est. L'essai est porté sur la culture d'oignon. L'expérimentation a été réalisée sur deux années successives de 2017 à 2018 en saison sèche de Novembre à Janvier. Le sol est de texture argilo-sableuse avec plus de 50% d'argile dans les 20 premiers centimètres et un pH moyen de 5,66. Les bases échangeables sont essentiellement le calcium et le magnésium avec respectivement 76,64% et 17,36% de la somme des bases. La conductivité de l'eau est de 223  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et la concentration en sodium est de 8mg/l de  $\text{Na}^+$  et en Calcium 32,96 mg/l de  $\text{Ca}^{2+}$ . Le climat de la zone est de type sahélo-soudanienne caractérisé par une longue saison sèche d'Octobre à Mai et une saison pluvieuse de Juin à Septembre. Les précipitations varient entre 350 et 650 mm de pluie par an [8]. La pluviométrie annuelle moyenne annuelle de la zone est de 600 mm. La température maximale (40°C) est enregistrée au cours des mois d'Avril et Mai alors que la température minimale (17°C) est obtenue au cours des mois de Novembre et Février.

### 2.2 TENSIOMETRE

Le tensiomètre est un outil de suivi de l'humidité du sol suite à un apport d'eau par irrigation. Il est constitué d'un tube muni à la base d'une bougie poreuse et muni d'un manomètre à sa partie supérieure. Il est gradué de 0 à 40 centibars [9]. Le tensiomètre est enfoui dans le sol de façon à ce que la bougie soit placée à la profondeur de mesure voulue. L'eau se propage à travers la bougie poreuse vers le sol dès qu'il commence à se sécher et une tension se crée et se mesure automatiquement au niveau du manomètre. La tension devient faible lorsque le sol est saturé et forte dès que le sol est sec [10], [11].

### 2.3 DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Le dispositif expérimental est constitué de quatre blocs ou répétitions séparés par des allées de 1 m. Chaque bloc est constitué d'un type de billon qui diffère des autres que par son diamètre. Au total, l'essai renferme trois types de billons de diamètres 60 Cm, 80 Cm et 100 Cm. Au niveau de chaque type de billon un tensiomètre de model MLT est installé. Les observations et les mesures ont été effectuées au niveau de chaque tensiomètre pour déceler les effets de chaque type de billon sur la conservation de l'humidité du sol.

### 2.4 INSTALLATION DE L'ESSAI

#### 2.4.1 TRAVAIL DU SOL

Il consiste à modifier la topographie du terrain pour permettre une distribution uniforme de l'eau d'irrigation. Le nivellement se fait selon une pente définie au préalable qui conditionne le bon déroulement de l'irrigation gravitaire selon la méthode de [12].

## 2.4.2 PREPARATION ET INSTALLATION DES TENSIONNEMENTS

Le réservoir de chaque tensiomètre est rempli avec une solution irrigante à laquelle 4 litres d'eau distillée sont ajoutés. La bougie a été plongée dans un récipient contenant de l'eau pendant 24h avant l'installation du tensiomètre sur le site. Pour la fiabilité de ses données, il a été choisi à chaque tensiomètre une zone racinaire représentative de la parcelle. Les tensiomètres sont installés dans des trous de 30 cm selon la méthode de [13], qui a suggéré de positionner les bougies de tensiomètres à 30 cm de profondeur pour suivre l'humidité de sol en cultures maraichères [13]. Cette profondeur correspond à la zone racinaire de l'oignon [14]. Les parcelles sont irriguées et les tensiomètres marquent des valeurs proches de 0 cb. Une deuxième lecture a été faite 24 h après et trois lectures différentes ont été réalisées. Ces premières mesures ont permis de connaître les réponses des tensiomètres après l'irrigation à un temps (t) donné. Enfin, les tensiomètres sont géo-référenciés pour le besoin de localisation.

## 2.5 PILOTAGE ET CONDUITE D'IRRIGATION

Elle consiste à déterminer la dose et le temps d'irrigation. Cette dose dépend de la texture du sol et de besoin en eau de culture. Selon Philippe [11], le besoin en eau d'une culture correspond à sa demande en fonction des conditions climatiques. Elle est définie par l'Évapotranspiration Potentielle (ETP) ajusté par un coefficient cultural, noté Kc. Pour la bonne gestion de cette demande climatique l'étude s'est basée sur les données climatiques de la Région pour déterminer les besoins en eau de la culture d'oignon (Tableau 1).

**Tableau 1.** *Besoin en eau de l'oignon l/m<sup>2</sup> de Novembre à Mars*

| Mois                                       | Novembre | Décembre | Janvier | Février | Mars |
|--------------------------------------------|----------|----------|---------|---------|------|
| Besoin en eau d'oignon (l/m <sup>2</sup> ) | 4,51     | 5,23     | 7,37    | 8,36    | 8,36 |

## 2.6 MESURE DE LA DISPONIBILITE DE L'EAU DANS LE SOL

Pour mesurer la disponibilité de l'humidité du sol, il a été utilisé de tensiomètres jugés très efficace dans la gestion de l'eau d'irrigation selon la méthode de [15]. Plusieurs essais ont été réalisés pour apprécier l'état hydrique du sol. En effet, cet appareil mesure la force que la plante doit fournir pour puiser l'eau du sol.

## 2.7 DECLenchement ET PRATIQUES DES IRRIGATIONS

Au début de l'expérience, le calendrier d'irrigation suivi était celui pratiqué chaque année par les maraichères de la zone qui consistait d'apporter l'eau à la culture deux fois par semaine. Ce qui a permis de constater des tensions élevées (entre 17 et 22 cb) avant la date de la prochaine irrigation. Suite à ce constat et en s'appuyant sur les résultats des travaux de [11] et [16], un nouveau calendrier d'irrigation a été adapté.

## 2.8 CONTROLE DES APPORTS

Le modèle Levelogger 3001 et le Barologger a été utilisé pour vérifier les volumes d'eau utilisés par irrigation. L'enregistreur barométrique Barologger détermine le niveau de l'eau prélevé à chaque irrigation dans le point d'eau. Le Levelogger 3001 mesure et enregistre la pression absolue: hauteur d'eau + pression atmosphérique à partir d'un capteur piézorésistif en Hastelloy garantissant stabilité, fiabilité et résistance aux milieux agressifs. L'enregistreur barométrique Barologger recalcule ensuite les données à partir des pressions absolues et des pressions atmosphériques. Ces mesures assurent une parfaite traçabilité de la quantité d'eau apportée par irrigation. Toutes ces mesures permettent de déterminer la hauteur du volume d'eau utilisé. Le volume d'eau prélevé par irrigation est obtenu en multipliant la hauteur d'eau par la surface ( $\pi r^2$ ) de point d'eau. Ces mesures ont été vérifiées par la méthode proposée par [14] dans la vallée de Tarka. C'est-à-dire le volume d'irrigation correspond au produit du débit de GMP par le temps d'arrosage. La dose d'irrigation (l) est donnée par le rapport du volume d'eau à la surface irriguée. Les fréquences d'arrosage ont été établies en fonction des mesures tensiométriques.

## 2.9 COLLECTE DES DONNEES

Les données relatives aux mesures tensiométriques, au déclenchement et à la maîtrise de l'irrigation, et au rendement de l'oignon sont collectées. Au niveau de chaque tensiomètre et de chaque type de billon, L'évolution de la teneur en eau du sol

suite aux apports d'eau par irrigation est enregistrée. Celle-ci permet de déterminer le déclenchement et la maîtrise de l'eau d'irrigation. Au niveau chaque parcelle (chaque type de billon), le rendement de la culture d'oignon est déterminé.

## 2.10 ANALYSE STATISTIQUE

Les données collectées ont été saisies sur un tableur Excel (Microsoft Office Excel 2013). Elles ont été ensuite traitées et soumises à l'analyse de variance (ANOVA). Les moyennes ont été comparées par le test de Student Newman-Keuls au seuil  $\alpha = 5\%$ . Pour le rendement, les moyennes sont soumises aux tests multi variables, test de sphéricité de Mauchly et au test sur les effets intra-sujets pour juger l'influence des dimensions de billons sur le rendement. Le logiciel SPSS a été utilisé pour faire ces analyses. Les courbes et les tableaux ont été construits avec le tableur Excel en utilisant les moyennes.

## 3 RESULTATS

### 3.1 MESURES TENSIONMETRIQUES AU NIVEAU DE TYPE DE BILLON DE DIAMETRE 60 CM

La figure 1 montre l'évolution de la teneur en eau suite aux apports d'eau d'irrigation pendant le mois de novembre au niveau de billon de diamètre 60 m et de tensiomètre N°1. La teneur en eau du sol suite aux apports d'irrigation croît dans un premier temps et passe de 9 cb le 17 novembre à 21 cb le 20 novembre avant de chuter pour atteindre 4 cb le 21 novembre. Du 21 au 29 novembre, elle évolue en dents de scie en fonction de l'assèchement du sol comme le montre l'évolution de la tension. Cette variation est due à l'effet de l'évaporation directe du sol et du prélèvement de l'eau par la culture.

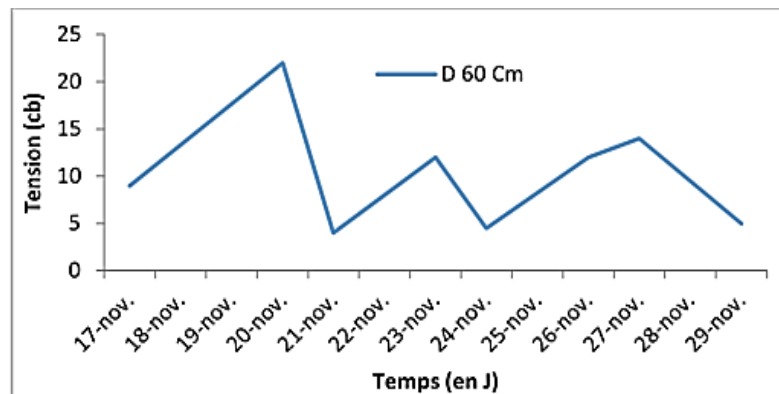


Figure 1 : Evolution de l'humidité du sol au niveau du billon de diamètre 60 cm pendant le mois de Novembre

Les mesures au niveau de tensiomètre N°1 sur le billon de 60 cm au cours du mois de Décembre montre que la tension varie entre 05 cb et 16 cb (Figure 2).

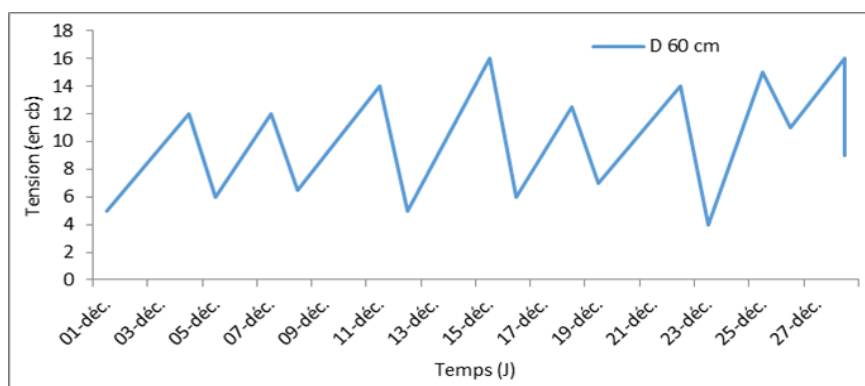


Figure 2 : Evolution de l'humidité du sol au niveau de de billon de diamètre 60 cm pendant le mois de Décembre



Les mesures au niveau de tensiomètre N°1 sur le billon de 60 cm au cours du mois de Janvier montre une évolution de l'humidité du sol en dents du cis dont les valeurs sont comprises entre 04 cb et 16 cb (Figure 3).

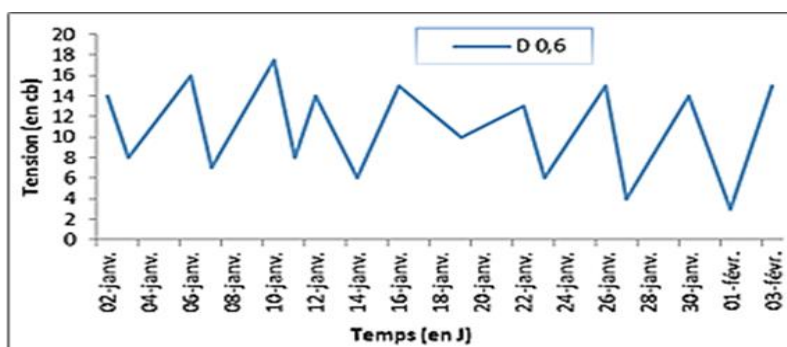


Figure 3 : Evolution de l'humidité du sol au niveau de de billon de diamètre 60 cm pendant le mois de Janvier

### 3.2 MESURES TENSIONNETRIQUES AU NIVEAU DE BILLON DE DIAMETRE 80 CM

Les mesures du mois de Novembre au niveau de tensiomètre N°2 sur le billon de 80 cm montre que l'humidité varie en fonction des apports d'eau et du temps. Dans un premier temps, elle croît de 8,5 cb le 17 novembre à 20 cb le 20 novembre, puis elle chute pour atteindre 9 cb le 21 novembre. Du 21 au 29 novembre, l'humidité évolue en dents du cis avec un maxima de 13,5 cb et un minima de 8 cb (Figure 4).

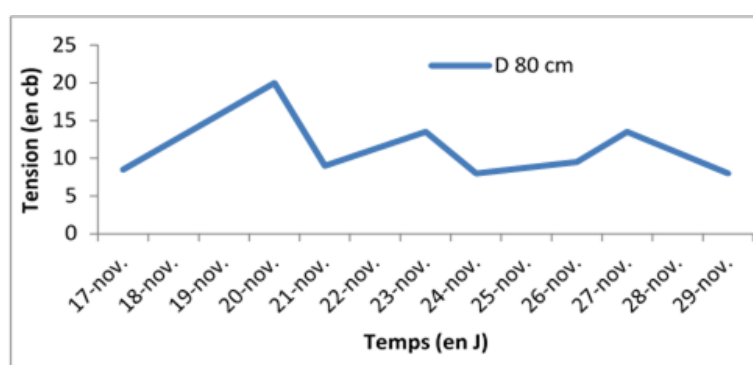


Figure 4: Evolution de l'humidité du sol au niveau de billon de diamètre 80 cm pendant le mois de Novembre

Les mesures au niveau de tensiomètre N°2 sur le billon de 80 cm pendant le mois de Décembre donnent des valeurs de tension variant entre 05 cb et 17 cb (Figure 5).

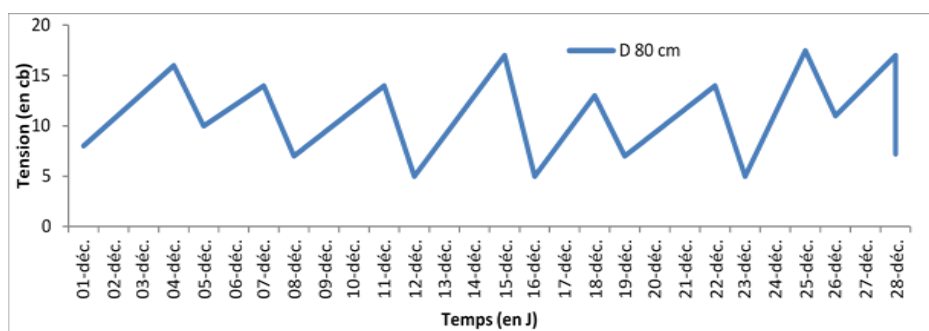


Figure 5 : Evolution de l'humidité du sol au niveau de billon de diamètre 80 cm pendant le mois de Décembre

Les mesures au niveau de tensiomètre N°2 sur le billon de 80 cm durant le mois de Janvier montrent les valeurs des tensions variant entre 05 cb et 16 (Figure 6).

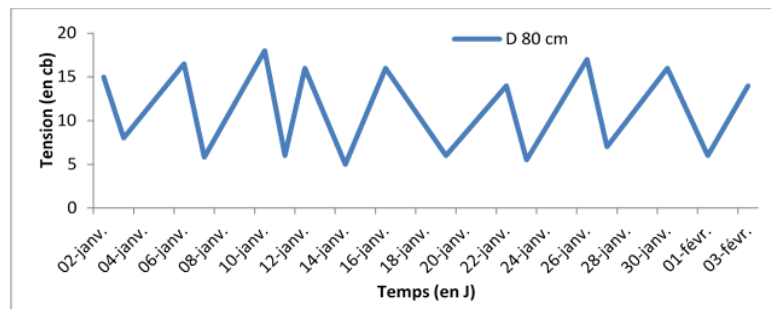


Figure 6: Evolution de l'humidité du sol au niveau de de billon de diamètre 80 cm pendant le mois de Janvier

### 3.3 MESURES TENSIOMETRIQUES AU NIVEAU DE BILLON DE DIAMETRE 100 CM

Les mesures au niveau de tensiomètre N°3 sur le billon de 100 cm durant le mois de Novembre, montre que l'humidité varie en fonction des apports d'eau et du temps. Cette variation évolue en dents du cis avec un maxima de 19 cb le novembre et un minima de 9 cb le 29 novembre en fonction de l'assèchement du sol sous les effets conjugués de l'évaporation directe du sol et du prélèvement d'eau par la culture (Figure 7).

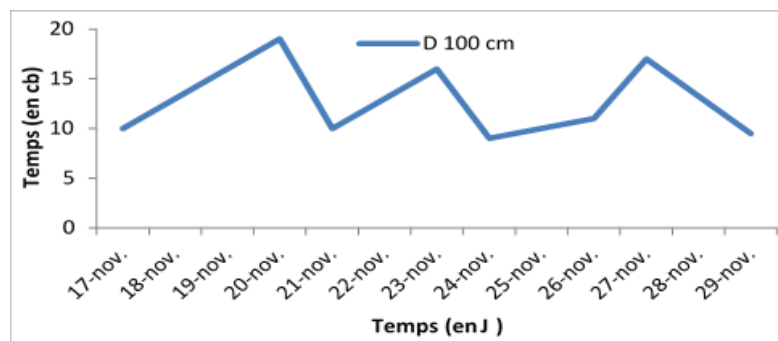


Figure 7 : Evolution de l'humidité du sol au niveau de billon de diamètre 100 cm pendant le mois de Novembre

Les mesures au niveau de tensiomètre N°3 sur le billon de 100 cm durant le mois de Décembre donnent des valeurs des tensions variant entre 05 cb et 17 cb (Figure 8).

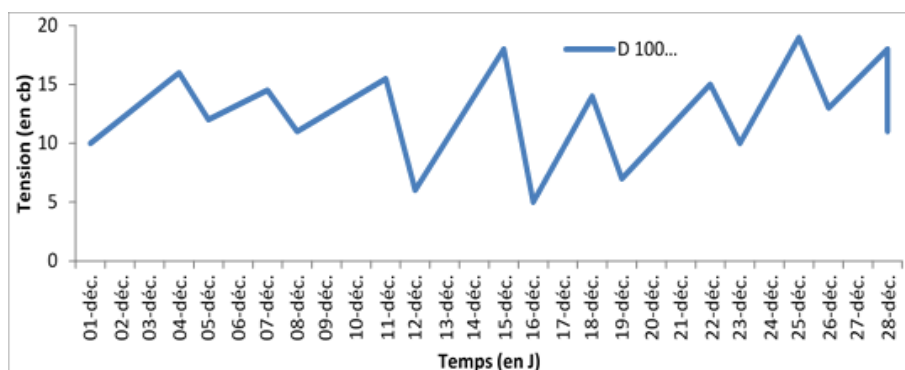
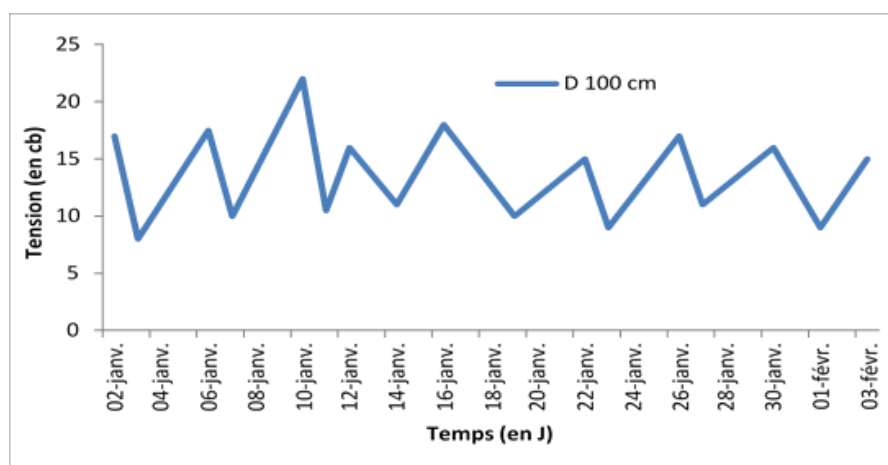


Figure 8 : Evolution de l'humidité du sol au niveau de billon de diamètre 100 cm pendant le mois de Décembre

Les mesures au niveau de tensiomètre N°3 sur le billon de 100 cm au cours du mois de Janvier montre que la tension varie entre 08 cb et 22cb (Figure 9).



**Figure 9:** Evolution de l'humidité du sol au niveau de billon de diamètre 100 cm pendant le mois de Janvier

### 3.4 DECLenchement DE L'IRRIGATION

Le suivi tensiométrique sur l'évolution de l'humidité du sol après un apport d'eau aux cultures montre une augmentation de la tension entre deux apports d'eau successifs de 22 à 30 cb. Ces résultats permettent de déclencher l'irrigation dès que le tensiomètre indique une valeur de 15 cb.

### 3.5 MAITRISE DE L'IRRIGATION

Le résultat de suivi de l'évolution de l'humidité du sol a abouti à un seuil de déclenchement d'irrigation qui est de 15 cb. L'apport d'eau est renouvelé à chaque fois que les tensions excèdent le seuil fixé et le calendrier d'irrigation est adopté en fonction de ce seuil. Ceci a permis d'ajuster les apports d'eau au besoin de la culture et au bon moment.

### 3.6 RENDEMENT D'OIGNONS EN FONCTION DES DIFFERENTS TYPES DE BILLONS

Le rendement d'oignons en fonction des différents types de billons est présenté dans le tableau 2.

**Tableau 2.** Rendement d'oignons en fonction des différents types de billons

| Rendement   | Billon 60 cm | Billon 80 cm | Billon 100 cm |
|-------------|--------------|--------------|---------------|
| Rep1 (t/ha) | 29,78        | 33,22        | 24,402        |
| Rep2 (t/ha) | 30,88        | 35,3         | 19,6          |
| Rep3 (t/ha) | 31,052       | 34,954       | 24,404        |
| Rep4 (t/ha) | 30,94        | 34,082       | 25,198        |

Ces résultats ont été soumis à plusieurs tests pour juger l'influence des dimensions de billons sur le rendement. Il s'agit du Test multi variables, du test de sphéricité de Mauchly et du test sur les effets intra-sujets. Tous ces tests montrent des différences significatives entre les rendements de billons de dimensions différentes.

**Tableau 3.** Tests multi variables

| Effet   |                           | Valeur  | D                    | ddl de l'hypothèse | Erreur ddl | Sig.  |
|---------|---------------------------|---------|----------------------|--------------------|------------|-------|
| factor1 | Trace de Pillai           | ,992    | 194,596 <sup>a</sup> | 2,000              | 3,000      | 0,001 |
|         | Lambda de Wilks           | ,008    | 194,596 <sup>a</sup> | 2,000              | 3,000      | 0,001 |
|         | Trace de Hotelling        | 129,731 | 194,596 <sup>a</sup> | 2,000              | 3,000      | 0,001 |
|         | Plus grande racine de Roy | 129,731 | 194,596 <sup>a</sup> | 2,000              | 3,000      | 0,001 |

Ce test montre des différences hautement significatives (Sig <0,05) entre les trois dimensions de billons utilisées.

**Tableau 4. Test de sphéricité de Mauchly**

| Effet intra-sujets | W de Mauchly | Khi-deux approché | ddl | Sig.  | Epsilon <sup>a</sup> |             |                  |
|--------------------|--------------|-------------------|-----|-------|----------------------|-------------|------------------|
|                    |              |                   |     |       | Greenhouse-Geisser   | Huynh-Feldt | Borne inférieure |
| factor1            | 0,023        | 11,376            | 2   | 0,003 | 0,506                | 0,511       | 0,500            |

Ce test montre que l'hypothèse nulle selon laquelle la matrice de covariance des erreurs des variables dépendantes orthonormées est proportionnelle à la matrice identité n'est pas vérifiée (Sig <0,05).

**Tableau 5. Tests des effets inter-sujets**

| Source               | Somme des carrés de type III | ddl | Moyenne des carrés | D        | Sig.   |
|----------------------|------------------------------|-----|--------------------|----------|--------|
| Ordonnée à l'origine | 13129,024                    | 1   | 13129,024          | 9254,844 | 0,0001 |
| Erreur               | 5,674                        | 4   | 1,419              | -        | -      |

L'analyse de variance portant sur la comparaison des moyennes au seuil de probabilité  $p < 5\%$  montre des différences hautement significatives ( $P < 0,001$ ) entre les trois dimensions de billons utilisées.

#### 4 DISCUSSION

Les résultats de suivi tensiométrique ont montré que le déclenchement de l'irrigation se fait avec trop de retard et ne suit pas la demande climatique et la réserve en eau du sol. Les valeurs de tensions relevées sont trop élevées et dépassent de loin le seuil de déclenchement d'irrigation préconisé par les résultats de travaux de [17]. En effet, en se référant aux valeurs obtenues et aux résultats de travaux de [16] et de [17], l'irrigation débute lorsque la tension dépasse 15 cb. Cette valeur constitue la référence et représente le seuil de déclenchement de l'irrigation pour la suite de l'expérience. En effet, la fréquence de l'irrigation est de 48 heures. Cette fréquence a reçu une réponse positive s'expliquant par une homogénéité de plantes dans les parcelles et respecte bien les seuils de déclenchement de l'irrigation proposé par [11].

Les lectures sont faites quotidiennement avant et après 24 heures pour chaque apport d'eau. D'après les observations réalisées sur l'ensemble de tensiomètres installés, les tensions relevées avant le démarrage de l'irrigation se situent à 21 cb en Novembre, 16 cb en Décembre et 17 cb en Janvier pour les billons de diamètre 60 cm ; à 20 cb en Novembre, 17 cb en Décembre et 16 cb en Janvier pour les billons de diamètre 80 cm et à 19 cb en Novembre, 17 cb en Décembre et 22 cb en Janvier pour les billons de diamètre 60 cm pour les billons de diamètre 100 cm respectivement.

Une fois l'irrigation réalisée, elles prennent des valeurs très proches de 0 cb. Ainsi, 24 heures après l'irrigation ces valeurs se positionnent à 05 cb pour les billons de diamètre 60cm, de 05 ou 06 cb pour les billons de diamètre 80 cm et à 08 cb pour les billons de diamètre 100 cm. Ces résultats sont conformes à ceux de [16] obtenus sur les sols argilo-sableux. Ces résultats sont en accord avec la conclusion de [14], [18] qui note que la disponibilité de l'eau s'explique par des faibles valeurs de l'énergie de rétention de l'eau.

Aussi, la comparaison des valeurs enregistrées sur les différents types des billons avant l'apport d'eau montre que les valeurs enregistrées au niveau des billons de diamètres 100 cm (12,7 cb en Novembre, 12,65 cb en Décembre et 13,65 cb en janvier) sont plus élevées. Ceux-ci expliquent qu'au niveau de ce type de billon l'humidité s'épuise rapidement par rapport aux autres dimensions de billons (11,25 cb en Novembre, 11,04 cb en Décembre et 11,3 cb en janvier) pour les billons de diamètre 80 cm et de 10,3 cb en Novembre, 10,05 cb en Décembre et 10,9 cb en janvier) pour le billon de 60 cm de diamètre. En effet, les billons de diamètres (0,8 et 0,6 m) enregistrent de faibles valeurs à la même période et sur un même sol conservent plus d'humidité que ceux de grands diamètres. Cette information sur l'humidité de différents types de billons sur le sol argilo-sableux constitue une base pour gérer deux apports successifs.

Les résultats des mesures tensiométriques ont permis d'avoir des informations sur la disponibilité de l'eau dans le sol entre deux apports d'eau successifs. En effet, l'humidité du sol joue un grand rôle sur le rendement. Selon [19], le rendement est l'expression de l'alimentation en eau des cultures. Ainsi, les résultats obtenus montrent que le rendement varie en fonction de

dimensions de billons. Ainsi, la technique de culture sur billon pratiquée depuis longtemps par les producteurs en cultures maraichères et pluviales peut être perfectionnée en choisissant les dimensions les plus avantageuses dans la conservation des eaux en fonction de types de sols.

Selon [20] une augmentation de l'eau d'irrigation augmente le rendement de fruit de la tomate. La production obtenue est plus importante pour les billons de 80 cm de diamètres suivi de celle de billons de 60 cm de diamètres. Ce sont ces types de billons qui conservent plus d'eaux que ceux de diamètres 100 cm. Ce résultat s'explique par le fait que les billons de 80 cm de diamètres recueillent plus d'eau apportée que les billons de 60 cm de diamètres à cause de leur largeur et gardent l'humidité du sol pendant longtemps.

En se basant sur les résultats obtenus, les billons de 80 cm de diamètres sont plus performants que ceux de 100 cm de diamètres et ceci est confirmé par [19] qui dit que la performance d'une technique agricole se mesure par son rendement. En effet, l'utilisation des tensiomètres s'avère donc intéressante pour piloter l'irrigation des cultures sur billons [21]. Ce résultat ressemble à ceux obtenus par [22]. Enfin, les billons de diamètres 0,8 m qui conservent l'humidité augmentent bien le rendement comme le confirment les travaux de [23], [24], [25] et [26] qui ont montré que l'augmentation de la teneur en eau dans le sol augmente le rendement.

## **5 CONCLUSION**

Il ressort de cette étude que l'évolution de l'humidité du sol varie en fonction des dimensions de billons. Les billons de diamètres 0,8 m conservent plus d'humidité que ceux de diamètres 1 m. Certes, la confection de billons modifie les caractéristiques du sol (physiques et chimiques) et favorise le profil hydrique du sol. Mais l'activité microbienne diminue lorsque la disponibilité de l'eau dans le sol atteint un seuil critique. De même les billons de diamètres 0,8 m conservent plus d'humidité et favorisent plus l'activité racinaire. Donc l'amélioration de savoir local sur cette technique constitue une opportunité pour améliorer efficacement l'utilisation de l'eau et accroître ainsi le revenu des producteurs et permettra de contourner la question du changement climatique.

## **REMERCIEMENT**

Les auteurs remercient tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de cette étude et à l'élaboration du présent document.

## **REFERENCES**

- [1] A. Chenafi, P. Monney, D. Christen, A. Boudoukha, C. Carlen, "Influence de l'irrigation déficitaire sur le rendement, la qualité de pommes 'Gala' et l'économie en eau", *Rev. Suisse vitic. arboric. Hortic.* 159 p, 2013.
- [2] J. Van Schilfgaarde, "Irrigation-a blessing or a curse", *Agric. Water Manage.* 219 p, 1994.
- [3] E. Roose, G. De Noni, C. Prat, "Techniques traditionnelles de GCES en milieu méditerranée", *Bull Réseau Érosion, Montpellier*, n° 21, 523 p, 2002.
- [4] P.O. Fánica, "Etude et gestion des sols", Vol. 13, 61 p, 2006.
- [5] J.C. Lausanne, "La petite irrigation privée dans le sud Niger: potentiels et contraintes d'une dynamique locale Le cas du sud du Département de Gaya", 149 p, 2007.
- [6] N. Lidia, "Suivi des irrigations dans une exploitation agricole de la Mitijda ouest commune de Mouzaia, Algérie", *ENSA d'Elharrache Alger*, 232 p, 2009.
- [7] J.B. Postel, "Water for food production: will there be enough in 2025", *Bioscience*, 637 p, 1998.
- [8] H. Halilou, A. Kadri, I. Karimou, "Gestion intégrée du mildiou du mil en station au centre régional de recherche agronomique de Maradi (CERRA/Maradi) au Niger", *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 11, no. 6, pp. 2704-2712, 2017.
- [9] C. Boivin, D. Bergeron, "Mieux irriguer avec les tensiomètres", 7 p, 2005.
- [10] P. Peyremorte, C. Isberie, "Essai comparatif des différentes méthodes de pilotage de l'irrigation" 23 p, 1986.
- [11] B. Philippe, "Synthèse des expériences de pilotage tensiométrique de l'irrigation en Jordanie", *Institut National Agronomique Paris-Grignon*, 95 p, 2002.
- [12] C. Cogoluènes, "Evaluation des économies d'eau réalisables par l'agriculture de la zone irriguée du district d'irrigation Alto RIO Lerma", 114 p, 2004.
- [13] P. Guinet, "Mission en Jordanie effectuée du 26 au 28 novembre 2001", 14 p, 2001.
- [14] D.O. Sani, Y. Guéro, B. Moussa, "Irrigation et fertilisation de l'oignon (*Allium cepa*) dans la basse vallée de la Tarka", *Annales de l'Université Abdou Moumouni*, Tome XIV-A, 5 p, 2013.

- [15] L. Benoit, "Les tensiomètres pour l'irrigation en milieu tourbeux", Mc Gill University Montreal, 132 p, 1995.
- [16] D. Bergeron, "Direction régionale du MAPAQ de la Capitale-Nationale Québec" 377 p, 2005.
- [17] W.F. Laurance, S. Sloan, L. Weng, J.A. Sayer, "Estimating the Environmental Costs of Africa's Massive "Development Corridors", *Current Biology*, 8 p, 2015.
- [18] R. Boily, "Club des producteurs pour la conservation des sols", Institut de recherche Rodale, Action billion 1860 Carré Royer, 423 p, 1978.
- [19] B. Philippe, S. Traoré, F. Bognounou, D. Kaiser, A. Thiombiano, "Effet du zaï amélioré sur la productivité du sorgho en zone sahélienne", *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Vol. 11 No 3, 17 p, 2011.
- [20] M.Imtiyaz, N.P. Mgadla, B. Chepete, S.K. Manase, "Response of six vegetable crops to irrigation schedules", *Agricultural Water management*, 342 p, 2000.
- [21] L.M. Rivière, "Pilotage de l'irrigation des cultures en conteneurs tensiomètres", 11 p, 1995.
- [22] L.M. Rivière, "Le fonctionnement hydrique du système substrat –plante en culture hors sol", *Mémoire H.D.R, Université d'Angers ENITHP*, 126 p, 1992.
- [23] M.Dorais, J. Caron, G. Bégin, A. Gosselin, L. Gaudreau, C. Ménard, "Equipment performance for determining water needs of tomato plants grown in sawdust based substrates and rockwool", *Acta Horticulturae*, 691 p, 2005.
- [24] M. Dorais, A.P. Papadopoulos, A. Gosselin, "Greenhouse tomato fruit quality", *Horticultural Reviews*, 319 p, 2001a.
- [25] M. Dorais, A.P. Papadopoulos, A. Gosselin, "Influence of EC management on greenhouse tomato yield and Fruit quality", *Agronomie*, 384 p, 2001b.
- [26] M. Dorais, "Qualité de la tomate de serre", *Bibliothèque national du Canada*, 12 p, 2000.

## EPIDEMIOLOGICAL AND CLINICAL STUDY OF ROTAVIRUS DIARRHEA IN CHILDREN UNDER 5 YEARS AT PANZI GENERAL REFERENCE HOSPITAL (DRC / SUD-KIVU / BUKAVU)

Mwindja N. Luhiriri<sup>1</sup>, Opara J. Alworonga<sup>2</sup>, Céline Kavira<sup>3</sup>, Tudiakwile L. Kanku<sup>1</sup>, Mwilo Mambo<sup>1</sup>, Birindwa Bwihangane<sup>1</sup>, and Théophile Kashosi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Pediatrics at Panzi General Reference Hospital, Evangelical University in Africa (UEA), RD Congo

<sup>2</sup>University of Kisangani, RD Congo

<sup>3</sup>Evangelical University in Africa (UEA), RD Congo

---

Copyright © 2020 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** *Introduction:* Acute diarrhea is one of the leading causes of mortality and morbidity in children under 5 years old. Globally, it is responsible for around 4 million hospitalizations and 1.1 million deaths per year. Various etiological agents are implicated, including the viruses which constitute the 1st cause, mainly the rotavirus of group A.

The prevalence of rotavirus diarrhea is estimated at 38% globally, 34% in Africa and 62.7% in DRC. The objective of this study is to determine the hospital prevalence of rotavirus diarrhea in children under 5 years old, and to identify circulating genotypes.

*Methodology:* This is a cross-sectional descriptive study, carried out over 6 months in the pediatric emergency department at the HGR / Panzi. 68 fresh stool samples were collected and stored at the medical school research laboratory. Detection of rotavirus was achieved through the use of the enzyme-linked immunosorbent assay ELISA technique and genotype determination by RT-PCR.

*Results:* The prevalence of rotavirus gastroenteritis was 42.6%; Its frequency was highest in children under 24 months, who were the most affected, of which the 0-6 month group represented 37.9%, followed by that of 7-12 months (31%) and 13-24 months (27.6%). The associated factors were the age of our patients, the environment of origin, the level of education of the mothers, the feeding method of children ( $p < 0.05$ ). The clinical signs associated with diarrhea were vomiting (34.48%) and fever (31.03%); The G1 genotype represented 21%, followed by G2 (7%) and G3 (3%); two P genotypes have been identified P [8] and P [4].

*Conclusion:* Rotavirus remains an important cause of acute diarrhea in children under 5 in our region as well as in the Democratic Republic of Congo. The introduction of the vaccine into the national immunization program will reduce its frequency somewhat.

**KEYWORDS:** rotavirus, prevalence, genotypes, children under 5, HGR / Panzi.

### 1 INTRODUCTION

Acute diarrhea is a leading cause of morbidity and mortality in children under 5, and is responsible for around 4 million hospitalizations and 1.1 million deaths per year [1, 2]. It is the second leading cause of death worldwide after pneumonia [3].

Diarrhea is most often caused by bacteria, parasites and viruses; the latter largely dominate the epidemiology of diarrhea, particularly through rotavirus. It is considered to be the main cause of acute diarrhea in infants and young children [4] mainly through rotavirus A [5].

It is a virus of the Reoviridae family, non-enveloped with a genome of 11 double-stranded RNA strands and a 3-layered capsid with 2 surface proteins: VP7 (glycoprotein G) and VP4 (protein sensitive to protease P); there are currently 27 G genotypes and 35 P genotypes [6]

Rotavirus causes approximately 453,000 deaths each year, most of them in developing countries on the Asian continent, Africa and Latin America [4]. In developing countries, rotavirus infections account for 15 to 50% of gastroenteritis [7]. Their prevalence is estimated at 22% in America, 29% in Europe and 34% in Africa [8]. In the DRC, according to surveillance data at sentinel sites in Kinshasa [9] and Lubumbashi [10], the prevalence of acute gastroenteritis due to rotavirus is estimated at 62.7%; the main genotypes identified were G1P (8), G2P (4) and G2P (6).

The introduction of the rotavirus vaccine into the DRC's vaccination program is a further step in the prevention and reduction of cases of rotavirus diarrhea. The aim of this study is to determine the hospital prevalence, in the pre-vaccination era, and the genotypes of rotaviruses associated with gastroenteritis in children under 5 admitted to the pediatric emergency department of the General Reference Hospital of Panzi. This will allow us to assess the efficacy of the vaccine in subsequent studies.

## 2 MATERIAL AND METHODS

This is a cross-sectional descriptive study carried out from August 1, 2018 to January 31, 2019, lasting 6 months, in the pediatric emergency department at the HGR / panzi. Stool samples were taken from all children under 5 admitted for acute gastroenteritis within the first 2 days of hospitalization.

The stool was collected in a sterile jar and then sent directly to the Evangelical University in Africa laboratory, located a 5-minute walk from the hospital. They were stored at -20 ° C until use. A data collection sheet was established and completed after the approval of the parents or the caregiver. Parameters studied: age, sex, origin, feeding method of the child, level of education of mothers.

### ANTIGEN DETECTION

Detection was performed by enzyme-linked immunosorbent assay ELISA (Oxoid Prospect rotavirus Kit) according to the manufacturer's instructions.

### EXTRACTION OF VIRAL RNA

#### ANTIGEN DETECTION

The antigen was determined by the ELISA immunosorbent assay. (Oxoid Prospect rotavirus Kit) according to the manufacturer's instructions.

#### MOLECULAR TYPING

##### 1. RNA extraction

RNA extraction was performed with the QIAamp DSP Virus Kit according to the manufacturer's instructions for 25 seropositive samples (QIAGEN GmbH, 40724 Hilden, GERMANY) at the microbiology laboratory at school of medicine of the Evangelical University in Africa (UEA). Quantification and evaluation of the quality of the extracted RNA was then carried out by electrophoresis with 1.5% Agarose Gel.

##### 2. Conversion of RNA into complementary DNA

The RNA extract was converted into complementary DNA (cDNA) by the FIREScript\_RTcDNA Synthesis kit (Solis BioDyne) using the FIREScript reverse transcriptase (200 U / µl), RiboGripRNase inhibitor (40 U / µl), the 10x RT Reaction Buffer with DTT 500 mMTris-HCl pH 8.3, 500 mM KCl, 30 mM MgCl<sub>2</sub>, 100 mM DTT, Oligo (dT) primers (100 µM) and random primers (100 µM), dNTP MIX (20 mM each) and nuclease-free water (Sterile water).

##### 3. Reverse transcriptase amplification (RT-PCR)

Reverse transcriptase chain polymerization (RT-PCR) amplification was performed as described by Coulson et al. (11), Argüelles et al. (12) and Sadiq et al. (13). All reactions were performed with the Rotavirus vaccine (rotateq) as the positive control and nuclease-free water as the negative control. DNA amplification was done by conventional PCR in the thermo cycler at the Molecular Biology Laboratory of Evangelical University in Africa.



#### 4. Gel electrophoresis and visualization

The RT-PCR products were separated by electrophoresis on a 1.5% agarose gel in TAE buffer consisting of Tris base, acetic acid and EDTA (SERVA Electrophoresis, Heidelberg, Germany) stained with nucleic acid. GelRed (Phenix Research Products, Candler, and USA) and PEC green in the microbiology laboratory of the Pan African University (Kenya / Nairobi)

#### STATISTICAL DATA ANALYSIS

For the data analysis, we coded and encoded in Microsoft Excel, and we analyzed them with XLSTAT 2016 software and Epi info version 3.5.1. Differences in proportions were tested using Fisher's corrected Chi-square test, a p value <0.05 was considered significant. The logistic regression method allowed us to calculate the ORs and their 95% confidence intervals.

#### ETHICAL CONSIDERATIONS

The protocol of our study received the approval of the National Committee of Ethics and Health (CNES 001 / DPSK / 129PM / 2018).

### 3 RESULTS

A total of 68 children under 5 were admitted for an acute gastroenteritis; after analysis of the samples, 29 returned positive for rotavirus, a proportion of 42.6%. Male children were the most infected with rotavirus (58.6%) compared to female subjects (41.4%) with a statistically significant difference ( $p < 0.05$ ), boys being 2.25 times more likely to have rotavirus diarrhea than girls (OR = 2.25; 95% CI; 1.14- 4.44)

Rotavirus infection was more marked in children under 24 months, the 0-6 month age group, which was the most affected (37.9%), followed by that of 7-12 months (31 %) and 13-24 months (27.6%). Bivariate analysis showed a statistically significant difference ( $p = 0.0000016$ ); Children younger than 24 months were 6 times more likely to have rotavirus diarrhea compared to those older than 24 months (OR = 6.12; 95% CI; 2, 3-5.54).

Our study found that children who were exclusively breast-fed were less infected (20.69%) compared to those who were mixed undernourished (79.31%); the analysis showed a statistically significant difference ( $p < 0.05$ ). Children of educated mothers were more represented (86.21%) compared to those of less or uneducated mothers (13.79%); with a statistically significant difference ( $p < 0.05$ ). These children are 6.25 times more likely to have rotavirus diarrhea compared to those of less educated mothers (OR = 6.25; 95% CI; 2.18 - 17.96). The predominant G genotypes are G1 (21%), G2 (7%) and G3 (3%); the P genotype found is P [8] (10%) and P [4] (4%).

**Table 1. distribution of the children according to studied parameters**

| Parameters        |                               | Rotavirus + |      | Rotavirus - |      | Total  |      | OR   | IC to 95% |       | P-been worth |
|-------------------|-------------------------------|-------------|------|-------------|------|--------|------|------|-----------|-------|--------------|
|                   |                               | (N=29)      |      | (N=39)      |      | (N=68) |      |      |           |       |              |
|                   |                               | N           | %    | N           | %    | N      | %    |      | Inf.      | Sup.  |              |
| Age               | <24 months                    | 27          | 93,1 | 31          | 79,5 | 58     | 85,3 | 15,5 | 3,71      | 64,77 | 0,0000016    |
|                   | > 24 months                   | 2           | 6,9  | 8           | 20,5 | 10     | 14,7 |      |           |       |              |
| Sex               | Masculine                     | 17          | 58,6 | 27          | 69,2 | 44     | 64,7 | 2,25 | 1,14      | 4,44  | 0,0163       |
|                   | Female                        | 12          | 41,4 | 12          | 30,8 | 24     | 35,3 |      |           |       |              |
| Source            | City                          | 25          | 86,2 | 25          | 64,1 | 50     | 73,5 | 6,25 | 2,18      | 17,96 | 0,000097     |
|                   | Except city                   | 4           | 13,8 | 14          | 35,9 | 18     | 26,5 |      |           |       |              |
| Food              | Mixed feeding and family dish | 23          | 79,3 | 33          | 84,6 | 56     | 82,4 | 5,5  | 2,3       | 13,13 | 0,0000165    |
|                   | Exclusive maternal food       | 6           | 20,7 | 6           | 15,4 | 12     | 17,6 |      |           |       |              |
| Educational level | Educated                      | 25          | 86,2 | 25          | 64,1 | 50     | 73,5 | 6,25 | 2,18      | 17,96 | 0,0000972    |
|                   | Not educated                  | 4           | 13,8 | 14          | 35,9 | 18     | 26,5 |      |           |       |              |

## 4 DISCUSSION

During our study, we registered 68 children under 5 with acute diarrhea; after analysis, the prevalence of rotavirus diarrhea was estimated at 42.6%.

Etiological studies on gastroenteritis in infants and children have shown that rotavirus is responsible for 40-50% of acute diarrhea in developing countries as well as developed countries [14]. A study carried out in 20 African countries is not far from our result, estimated the prevalence of diarrhea due to rotaviruses at 40% [15].

Our results are comparable to those found by other authors [17, 18, 19, 20], but remain inferior to the results found in the studies by Sangaji MK [10], Kabwe JP (20) and Pukuta [9], carried out in the other provinces of the DRC. This low prevalence can be explained by the fact that the period of our study was short, so it affected the size of our sample. Male children were more affected than female children, with a statistically significant difference.

Several other studies have shown more marked damage in males compared to females, Pol SS. in India (21) and Muendo C. in Kenya [22] However, other authors have found a predominance of women [10, 16, 22, 23], without there being a statistically significant difference.

According to Fischer, the predilection of the male sex could be explained by genetic and immunological factors [25]; men are more likely to develop a severe form of diarrhea, requiring hospitalization although both sexes are infected at the same rate [10, 25]. Children under 24 months of age have been most affected by rotavirus diarrhea; Studies have shown that the older you get, the less rotavirus diarrhea you get, because not only do you acquire immunity but you can also have asymptomatic forms [16].

Similar results were found by Tagbo BN [26] and Iyoha O. [27] in Nigeria; Pol SS. et al in India [21] and Jin-Tu Lou in China [28]; Children fed exclusively breast milk were less infected compared to those fed mixed feed;

Numerous studies have shown the protective role of breast milk against rotavirus infections in children under 6 months (29), however others have shown that breastfeeding offers protection only against severe forms of rotavirus diarrhea. [30]. Naficy et al. found a lower incidence of rotavirus diarrhea in infants fed exclusively with breast milk [31], while for Muendo et al., infants who were exclusively breastfed were about 1.5 times more likely to develop rotavirus diarrhea, although this was not statistically significant [22].

Compared to those of less educated mothers, with a statistically significant difference ( $p = 0.0000972$ ), and have a risk of developing rotavirus diarrhea, 6.25 times more than the others. (OR = 6.25; 95% CI, 1.01-12). In a study on the prevalence of rotavirus diarrhea in Uganda [32], it was shown that children of mothers with an educational attainment (secondary or above) were twice as likely to have rotavirus diarrhea; contrary to the results found by Dennehy et al. in the United States, where children of less educated mothers were more likely to have rotavirus diarrhea (OR = 1.5; 95% CI, 1.0-2.3). [33]; This could be explained by the fact that children of educated mothers consult more compared to other children; but also most of the women work and thus leave the children on artificial milk, of which one does not control the preparation of the bottle well.

Our study allowed us to identify the G1, G2 and G3 genotypes represented respectively in 21%, 7% and 3% as well as the P8 and P4 genotypes found in 10% and 4% respectively. In Africa, several diversity of genotypes have been demonstrated in different regions. The G1 genotype is the most predominant and widely distributed in all regions, followed by types G9, G2 and G3; the P [8] genotype is the most common, followed by the P [4] and P [6] type (34)

In the DRC, several studies have demonstrated the predominance of the G1 and G2, P genotype [8] (9, 35, 36) but also with an emergence of the P genotype [6] Mixed forms have been found in Africa and the DRC, the most predominant of which is G1P [8] (8, 36). In our study we were unable to identify mixed forms. Despite the diversity of rotavirus strains, the monovalent vaccine, introduced in several African countries, has shown an efficacy of 59% (37).

## 5 CONCLUSION

Rotavirus remains a major cause of acute diarrhea in children under 5 in our region, as well as throughout the Democratic Republic of Congo. This diarrhea affects children 0-24 months more; and the genotypes found in our study have also been demonstrated in certain regions of the DRC. The recent introduction of the vaccine into the vaccination program in the DRC will make it possible to reduce somewhat the frequency of diarrhea linked to rotaviruses. Hence it would be necessary to carry out epidemiological and molecular surveillance in the post-vaccination period.

## **ACKNOWLEDGMENT**

We would like to thank the Bread for the World partners for making the resources available for this work and also to all the management committee of the Evangelical University in Africa.

## **REFERENCES**

- [1] OMS. Les maladies diarrhéiques; aide-mémoire n°330. Mai 2017. p.1-4.
- [2] Déborah N., Rune N., Sonia K., Evelyne A., Kikoti J., et al. Prévalence et génotype du rotavirus chez les enfants de moins de 5 ans à Moshi, Tanzanie; BMC Research Notes, 2017; 10: 542.
- [3] OMS. Les maladies diarrhéiques. Aide-mémoire n°330. Avril 2013.
- [4] Tate JE, Burton AH, Boschi-Pinto C. Global regional and national estimated of rotavirus mortality in children under 5 years of age 2000-2013; clin.infect.Dis.2016; 62 suppl.2: S96-S105.
- [5] Najafi A., Kargar M, Jafarpour T. Burden et typage du groupe A de rotavirus chez les enfants atteints de gastro-entérite aigüe à Shiraz, dans le Sud de l'Iran. Iran Redcrescent Med J.2012; 14 (9): 531-540.
- [6] Matthijnsens J, Ciarlet M, Mc Donald S, Attoui H, Banyai K et al. Uniformité de la nomenclature des souches de rotavirus proposée par le groupe de travail sur la classification des rotavirus (RCWC); Arc virol 2011; 156: 1397-1413.
- [7] Parachar UD, Burton A, Lanata C, Boschi-Pinto C, Shibuya K, et al. Global mortality associated with rotavirus disease among children; J.infect.Dis 2009; vol.200: suppl.1: S9-S15.
- [8] Organisation Mondiale de la Santé. Statistiques sanitaires Mondiales.2013.
- [9] Pukuta ES, Esona MD, Nkongolo A, Seheri M, Makasi M. et al, Surveillance moléculaire de l'infection à rotavirus en RDC; Pediatr.Infect.Dis.J. 2014; 33 (4): 335-359.
- [10] Sangaji MK, Mukuku O, Mutombo AM, Mawaw PM, Swana EK, et al, Etude épidémiologique des diarrhées aiguës à rotavirus chez les nourrissons à l'Hopital Janson Sendwe de Lubumbashi; Pan African Medical Journal.2015; 21: 113.
- [11] Coulson B S, Gentsch J R, Das B K, Bhan M K, Glass R I. Comparison of enzyme immunoassay and reverse transcriptase PCR for identification of serotype G9 rotaviruses. J Clin Microbiol. 1999; 37: 3187-3193.
- [12] Argüelles MH, Villegas GA, Castello A, Abrami A, Ghiringhelli PD, Semorile L, Glikmann G. VP7 and VP4 genotyping of human group A rotavirus in Buenos Aires, Argentina. J Clin Microbiol. 2000 Jan; 38 (1): 252-9. PMID: 10618096; PMCID: PMC88704.
- [13] Sadiq A, Bostan N, Bokhari H, Matthijnsens J, Yinda KC, Raza S, et al. (2019) Molecular characterization of human group A rotavirus genotypes circulating in Rawalpindi, Islamabad, Pakistan during 2015-2016. PLoS ONE 14 (7).
- [14] Shahrabadi MS. et al. Epidémiologie de l'infection par les rotavirus dans certains Pays; Iranian journal of virology 2014; vol.8; 4: p.34-42.
- [15] Janson Mwenda et al. Fardeau et épidémiologie de la diarrhée à rotavirus dans certains Pays africains: résultats préliminaires de Réseau Africain de surveillance des rotavirus. Journal of infectious diseases.2010; 202: S5-S11.
- [16] Ndze VN., Akum AE, Kamga GH, Enjema LE, Esona MD. et al. Epidemiology of rotavirus diarrhea in children under 5 years in Northern Cameroon. Pan Afr Med J.2012; 11: 73.
- [17] Hokororo A., Kidenya BR., Seni J., Mapaseka S., Mphahlele J. et al. Prédominance du génotype de rotavirus G1P (8) chez des enfants de moins de 5 ans atteints de gastro-entérite à Mwanza, Tanzanie. Journal of tropical Pediatrics 2014; vol.60; 50: p.393-396.
- [18] Nakawesi JS, Wobudeya E, Ndeezi G, Mworozzi EA, Tumwine JK. et al. Prévalence et facteurs associés à l'infection à rotavirus chez les enfants admis pour une diarrhée aiguë en Ouganda. BMC Paediatr.2010; 10: 69.
- [19] Badani AA, Areqi AL, Majily A, Sallami SA, Madhagi AL, et al. Diarrhées à rotavirus chez les enfants de Taïz (Yémen): prévalence-facteurs de risque et détection des génotypes. Int J Pediatr.2014; 2014: 1-9.
- [20] Kabue JP., Peenze I, de Beer M, Esona MD, Lufungula C. et al. Caractérisation du rotavirus retrouvé chez les enfants atteints de diarrhée aiguë à Kinshasa. J Infect Dis.2010; 202: 193-197.
- [21] Pol SS, Dedwal AK, Ranshing SS, Chitambar SD, Pednekar SN, et al, Prévalence et caractérisation des rotavirus chez les enfants hospitalisés pour des maladies diarrhéiques dans un Hôpital de soins tertiaire à Pune; Journal Indien de microbiologie médicale.2017; 35 (1): 33- 36.
- [22] Muendo C, Laving A, Kumar R, Osano B, Egondi T. et al. Prévalence de l'infection à rotavirus chez les enfants atteints de diarrhée aiguë après l'introduction du vaccin anti rotavirus au Kenya, étude transversale réalisée à l'Hôpital. BMC Pediatr 2018; 18 (1): 323.
- [23] Saranavan P, Ananthan S, Anathansubramanian M. Rotavirus infection among children in Chennai, South India. Indian Journal of Medical Microbiology 2004; 22 (4): 212-221.

- [24] Martinez-Gutierrez M, Arcila-Quiceno V, Trejos-Suarez J, Ruiz-Saenz J. Prévalence et typage moléculaire de rotavirus chez les enfants atteints de diarrhée aiguë dans le Nord-Est de la Colombie. *Rev Inst Med Trop* 2019; 61: 34.
- [25] Fischer TK., Viboud C, Parachar U, Malek M, Steiner C. et al. Hospitalizations and deaths from diarrhea and rotavirus among children under 5 years of age in the United states, 1993-2003. *J Infect Dis* 2007; 195 (8): 1117-1125.
- [26] Tagbo BN., Mwenda JM, Eke CB, Edelu BO, Chukwubuike C, Et al. Hospitalisations dues à la diarrhée à rotavirus chez les enfants de moins de 5 ans au Nigeria, 2011-2016. *Vaccin* 2018; 36 (51): 7759-7764.
- [27] Iyoha O., Abiodun PO. Génotype des rotavirus humains provoquant une diarrhée aqueuse aigue chez les enfants de Benin city, Nigeria. *Nigerian Journal of Clinical practice* 2015; 18 (1): 48-51.
- [28] Lou JT, Xu XJ, Wu YD, Tao R, Tong MQ. Epidémiologie et fardeau de l'infection à rotavirus chez les enfants de Hangzhou, en Chine. *Journal of clinical Virology* 2011; 50 (1): 84-87.
- [29] Morrow AL, Ruiz-palacios GM, Altaye M, Jiang X, Guerrero ML, et al. Les oligosaccharides contenus dans le lait maternel sont associés à la protection contre la diarrhée chez les nourrissons nourris au sein. *J Pediatr* 2004; 145 (3): 297-303.
- [30] Duffy LC, Byers TE, Riepenhoff-Talty M, La Scolea LJ, Zielezny M, et al. Les effets de l'alimentation du nourrisson sur la GE à rotavirus: une étude prospective. *Suis J Santé Publique* 1986; 76 (3): 259-263.
- [31] Naficy AB, Abu-Elyazeed R, Rao MR, Savarino SJ, Kim Y, et al. Epidémiologie de la diarrhée à rotavirus chez les enfants Egyptiens et implication pour le contrôle de la maladie. *Am J Epidemiol* 1999; 150 (7): 770-777.
- [32] Nakawesi JS, Wobudeya E, Ndeezi G, Mworosi EA, Tumwine JK. et al. Prévalence et facteurs associés à l'infection à rotavirus chez les enfants admis pour une diarrhée aiguë en Ouganda. *BMC Paediatr.* 2010; 10: 69.
- [33] Dennehy PH, Cortese MM, Begue RE, Jaeger JL, Roberts NE, et al. Une étude cas-témoins visant à déterminer les facteurs de risqué d'hospitalisation pour la GE à rotavirus chez les enfants Américains. *Journal des maladies infectieuses pédiatriques* 2006; 25 (12): 1123-1131.
- [34] SeheriMapaseka, NamarudeLeah, Peenze Ina, NetshifhefheLufuno, Nyaga Martin, et all. Mise à jour des souches de rotavirus circulant en Afrique de 2007-2011. *The pediatric infectious disease journal* 2014; 33: 76-84.
- [35] GoutranMayindou, BergeNgokana, Anissa Sidibé, Victoire moundelé, FélixKoukukila-Koussounda, et all. Epidémiologie moléculaire et surveillance des rotavirus et adénovirus circulants chez les enfants Congolais atteints de gastro-entérite. *I Med Virol* 2016; 88 (4): 596-605.
- [36] Elisabeth Heylen, Bibi BatokoLikele, Marc Zeller, Stijn Steven, Sarah de Goster, et all. Surveillance des rotavirus à Kisangani en RDC, révèle un nombre élevé des génotypes inhabituels et des segments de gènes d'origine animale chez les enfants symptomatiques non vaccinés. *PLoS One* 2014; 9 (6): e 100953.
- [37] Madhi SA, Cunliffe NA, Steele D, Witte D, Kristen M et al. Effect of human rotavirus vaccine on severe diarrhea in African infant; *New England J. of Medecine*; 362 (4): 289-298.

## Les écarts de prélèvements obligatoires entre le Maroc et la zone CDEAO

### [ The comparison of the tax to GDP ratio between Morocco and ECOWAS zone ]

**Rachid Bahloula**

Département des Sciences Economiques, Université Mohammed V, Faculté des Sciences  
Juridiques et Economiques, Souissi, Morocco

Copyright © 2020 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:** Profoundly taxation differs and varies from one country to another and thus mirroring community's choices. Commonly, neither all the countries share the similar tax to GDP ratio, nor tax system structure. These distinctions are explicit by the varieties of Income Per Capita, and as well as society's inclinations. Besides, the historical evolution of the taxation system. We are to in this article, tackling an elaborate comparison between Morocco's tax to GDP ratio and ECOWAS which aiming to determine the characteristics of Moroccan taxation system in order to enable us to improve the performance of our system.

**KEYWORDS:** Tax to GDP ratio, ECOWAS, tax system, Gc7, tax structure.

**RESUME:** Les régimes de prélèvements obligatoires sont profondément différents d'un pays à l'autre et reflètent avant tout des choix de société.

Tous les pays ne partagent pas le même poids de la fiscalité ni la même manière à prélever. Ces différences s'expliquent certes par leur inégal revenu par habitant, mais également par leur histoire et leur choix sociétaux.

Nous comparons donc dans cet article, de façon aussi détaillée que possible, le taux de prélèvements obligatoires au Maroc et dans les grands pays de la zone CDEAO.

L'objectif est clairement de déterminer le positionnement fiscal du Maroc dans un contexte régional en vue de repenser notre système de prélèvements obligatoires.

**MOTS-CLEFS:** Le taux de prélèvements obligatoires, CDEAO, système fiscal, Gc7, structure fiscale.

## 1 INTRODUCTION

Les régimes de prélèvements obligatoires sont profondément différents d'un pays à l'autre et reflètent avant tout des choix de société<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Madiès, Thierry. « I. L'impôt sur le bénéfice des sociétés : une mise en perspective dans un monde globalisé », Thierry Madiès éd., *La concurrence fiscale internationale*. La Découverte, 2020, pp. 6-31.

Tous les pays ne partagent pas le même poids de la fiscalité ni la même manière à prélever. Ces différences s'expliquent certes par leur inégal revenu par habitant<sup>2</sup>, mais également par leur histoire et leur choix sociétaux.

Nous comparons donc dans cet article, de façon aussi détaillée que possible, le taux de prélèvements obligatoires au Maroc et dans les grands pays de la zone Cedeao<sup>3</sup>.

L'objectif est clairement de déterminer le positionnement fiscal du Maroc dans un contexte régional en vue de repenser notre système de prélèvements obligatoires.

Pour procéder à une comparaison des poids de la fiscalité, la source principale est les Statistiques des recettes publiques en Afrique<sup>4</sup>. L'OCDE dresse annuellement les statistiques fiscales des pays africains en leur demandant de lui fournir des données répondant à des normes visant à assurer leurs comparaisons.

Évidemment, La complexité des régimes des prélèvements obligatoires rend difficile la comparaison entre les différentes entités mais cette complexité ne doit pas être un obstacle à son aboutissement, puisqu'il ne s'agit pas d'une analyse purement technique, mais d'une analyse des grandes évolutions modifiant ses contours<sup>5</sup>.

Toutefois, lorsque l'on souhaite comparer la fiscalité de régimes différents, il faut tenir en compte la position géographique des pays comparés.

Dans notre cas, il est crucial de prendre en considération la position géographique du Maroc, en Afrique de l'ouest, où se trouvent nos principaux futurs partenaires économiques. C'est en se comparant à eux qu'on peut faire certaines observations qui devraient ouvrir la réflexion sur notre système de prélèvement.

### 1.1 LA SITUATION ACTUELLE À L'ÉGARD DE TAUX DE PRÉLÈVEMENTS OBLIGATOIRES

Le taux de prélèvements obligatoires est défini comme le rapport entre le volume des prélèvements obligatoires et le PIB. Il est le ratio le plus fréquemment utilisé pour estimer et comparer le poids de la fiscalité. Il s'agit d'un rapport synthétique à la fois simple et facile à calculer<sup>6</sup>. À cet égard, il facilite les comparaisons entre les pays et les régions puisque les Statistiques des recettes fiscales et de PIB de chaque pays sont faciles à obtenir.

Le graphique 1 montre un taux de prélèvements obligatoires très hétérogène pouvant varier énormément d'un pays à l'autre<sup>7</sup>. Parmi les pays **Gc7**, la disparité est forte, le taux de prélèvements obligatoires variait en 2017 de 5,7% au Nigeria à 21% au Togo. Inséré dans les statistiques fiscales des pays de **Gc7** le taux de prélèvements obligatoires au Maroc se situe largement au-dessus de celui de la moyenne des pays de **Gc7** (15.9%) et se rapproche davantage de celui des pays les plus riches<sup>8</sup>.

<sup>2</sup> Les études de Lotz and Morss [1967], Bahl [1971], Chelliah and al. [1975], Tait and al. [1979], and Leuthold [1991] ont montré que le niveau de taxation était positivement corrélé au revenu par habitant.

<sup>3</sup> Un groupe de 7pays (**Gc7**) représentant plus de 90% de PIB de l'organisation Cedeao. il s'agit de Burkina, Faso, Côte d'Ivoire, Ghana, Mali, Nigéria, Sénégal et Togo.

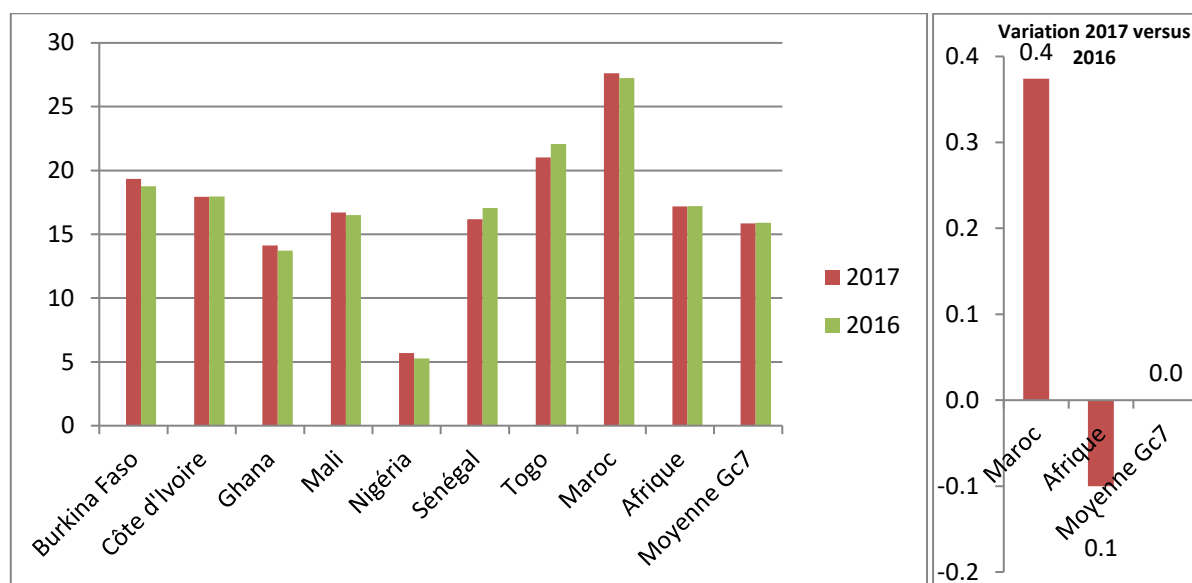
<sup>4</sup> Ces Statistiques ont été produite conjointement par le Centre de politique et d'administration fiscales (CPAF) de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), le Centre de développement de l'OCDE (DEV), le Forum sur l'administration fiscale africaine (ATAF), et la Commission de l'Union Africaine (CUA), avec l'assistance technique de la Banque africaine de développement (BAfD), du Cercle de réflexion et d'échange des dirigeants des administrations fiscales (CREDAF), de la Commission européenne et de l'Organisation mondiale des douanes (OMD).

<sup>5</sup> Luc GODBOUT et Suzie ST-CERNY, LA FISCALITÉ AU QUÉBEC : UN REGARD COMPARATIF POUR GUIDER SON RENOUVELLEMENT », *Chaire de recherche en fiscalité et en finances publiques*, Document de travail 2014/02.

<sup>6</sup> Luc GODBOUT et Suzie ST-CERNY, « LA FISCALITÉ AU QUÉBEC : UN REGARD COMPARATIF POUR GUIDER SON RENOUVELLEMENT », *La Chaire de recherche en fiscalité et en finances publiques de l'Université de Sherbrooke*, Document de travail 2014/02.

<sup>7</sup> Ces taux de prélèvements obligatoires doivent être interprétés avec précaution, compte tenu du rebasage du PIB entrepris dans certains pays (cas récents du Nigeria et du Ghana)

<sup>8</sup> il existe grossièrement trois niveaux de pression fiscale et sociale. Autour de 15% pour les pays les plus pauvres, le double pour les pays les plus riches et un peu moins de 20% pour les trois groupes intermédiaires.



Graphique 1: Taux de prélèvements obligatoires – comparaison Gc7, 2017 et 2016

Source: Données OCDE et calculs auteur

En 2017, le taux de prélèvements obligatoires a enregistré des grandes variations entre les pays Gc7. Il a augmenté dans quatre pays et a diminué à trois.

En outre, le graphique 1 permet de constater que les pays Gc7 ont, pour la plupart d'entre eux, un taux de prélèvements obligatoires inférieur à 20% du PIB niveau minimale recommandé par la Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest<sup>9</sup> (CEDEAO) dans le cadre des critères du Programme de Coopération Monétaire (PCMC)<sup>10</sup>.

En effet, parmi les critères de convergence de second rang du Programme de coopération monétaire de la CEDEAO (PCMC) figure celui lié à la performance des recettes fiscales, qui stipule que les pays membres doivent avoir une pression fiscale qui soit d'au moins de 20 pour cent.

La faiblesse de la mobilisation des recettes fiscales dans les pays Gc7 s'explique largement par le niveau faible de développement économique<sup>11</sup> dans la mesure où le poids de taxation est positivement corrélé au revenu par habitant conformément à la loi de Wigner selon laquelle plus un pays est riche plus il consacre une part de la richesse à la fiscalité. Avec le développement s'accroissent non seulement les besoins en infrastructures mais aussi les systèmes de protection sociale et de redistribution.

En parallèle de niveau de développement économique, la composition sectorielle de l'économie de ces pays est considérée comme l'une des variables les plus explicatives de la faiblesse de la pression fiscale et sociale.

En effet, la domination de l'agriculture réduit la capacité de ces pays à mobiliser des ressources domestiques dans le sens où les exonérations de la TVA sur les biens agricoles, la difficulté d'identifier et de soumettre les contribuables à l'imposition et le caractère relativement informel de l'agriculture affectent négativement la capacité de ces pays à lever des taxes.

<sup>9</sup> De même, l'Union économique et monétaire Ouest Africaine (UEMOA) a fixé à ses membres un ratio « impôts/PIB » de 20 % au minimum

<sup>10</sup> Le PCMC a été adopté à Abuja en 1987 par la conférence des chefs d'Etat et de gouvernement des pays membres de la CEDEAO, avec pour objectif la mise en place d'un système monétaire harmonisé et d'institutions communes de gestion. L'objectif à court terme est l'harmonisation des règles régissant la gestion économique et financière. Le programme a également pour objectif d'assurer la réalisation de la convertibilité des monnaies régionales dans le moyen terme de façon à favoriser l'utilisation des monnaies nationales dans les transactions commerciales intra-régionales, de garantir la détermination des taux de change sur la base des principes du marché et de favoriser la création d'une monnaie unique au sein de la zone par l'usage d'une monnaie convertible commune, gérée par une Banque centrale commune.

<sup>11</sup> Exprimé par la valeur du PIB par habitant

En outre, la dépendance de budget de ces pays à des mannes financières provenant des ressources minières et pétrolières conduit à un désengagement de l'Etat sur les autres formes de taxes.

Autrement dit, Les pays de **Gc7** qui tirent des recettes substantielles des exportations de pétrole ont souvent un faible taux de prélèvements obligatoires (l'exemple de Nigeria). Les pays les plus fortement dotés en ressources naturelles ont généralement moins recours à des prélèvements plus contraignants politiquement, comme l'impôt sur le revenu et leurs assiettes fiscales sont relativement étroites.

Si le niveau de développement économiques et la composition sectorielle de l'économie constituent deux des plus importants déterminants de la pression fiscale dans les pays **Gc7**. Le taux d'urbanisation et son corollaire le degré de monétarisation de l'économie peuvent également expliquer La faiblesse de la mobilisation des recettes fiscales dans ces pays.

En effet, la forte dispersion de la population de ces pays rend la collecte des impôts une opération coûteuse et peu efficace et augmente considérablement la part des produits autoconsommés ce qui réduit le degré de monétisation des échanges.

Même s'elles représentent une manne financière importante pour les pays **Gc7**, d'importantes barrières douanières, bien que génératrices de revenu, représentent également un obstacle à l'échanges provoquant une réduction du volume de transaction et par conséquent, l'ensemble de recettes douanières.

Par ailleurs, Le faible taux d'inflation dans la plupart des pays Gc7 entrave, en général, que se manifeste des «effets Tanzi<sup>12</sup>»

De même la qualité de l'administration fiscale dans ces pays et sa gouvernance affectent la mobilisation des ressources fiscales dans la mesure où une administration empreinte d'une forte corruption et faiblement impliquée dans le respect de loi et la lutte contre la fraude et l'évasion fiscale ne parvient pas à prélever davantage de ressources fiscales.

## 1.2 LE TAUX DE PRÉLÈVEMENTS OBLIGATOIRES EST PLUS ÉLEVÉ AUJOURD'HUI QU'EN 2000

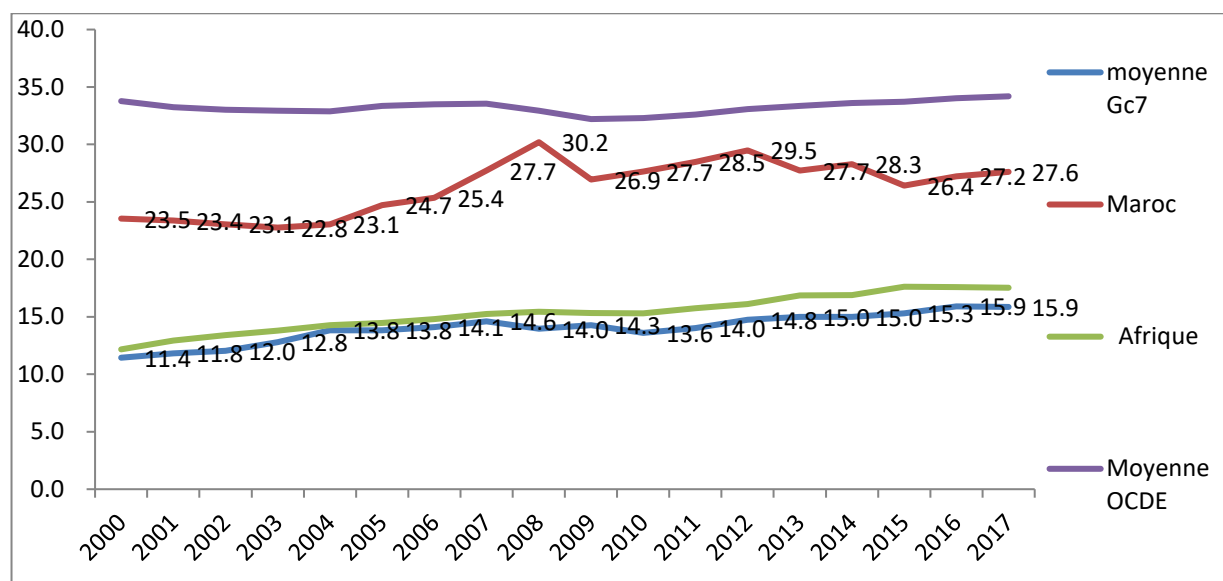
Depuis 2000, le Taux de prélèvement obligatoire n'a cessé de progresser dans tous les pays **Gc7**, à l'exception de Nigeria. Il gagné 4.5 points passant de 11.4% en 2000 à 15.9% en 2017 (**graphique 2**), grâce principalement à une croissance du revenu par tête, une monétarisation progressive des économies et une évolution dans l'orientation et la conception de la politique fiscale.

Le marasme économique de 2008 a brièvement interrompu la progression régulière de Taux de prélèvement obligatoire dans ces pays. Il fait baisser la moyenne de ces pays de 0.8% entre 2008 et 2010. La récession économique, conjugué à un ralentissement de l'activité des compagnies minières et pétrolières, était à l'origine du repli des recettes fiscales constaté en ces pays.

Le taux de prélèvement obligatoire est aujourd'hui plus important que dans les années 2000 dans tous les pays de **Gc7**, à l'exception Nigeria (Passant de 20 % à 6 %).

<sup>12</sup> Augmentation de la pression fiscale avec une inflation modérée, réduction au-delà.

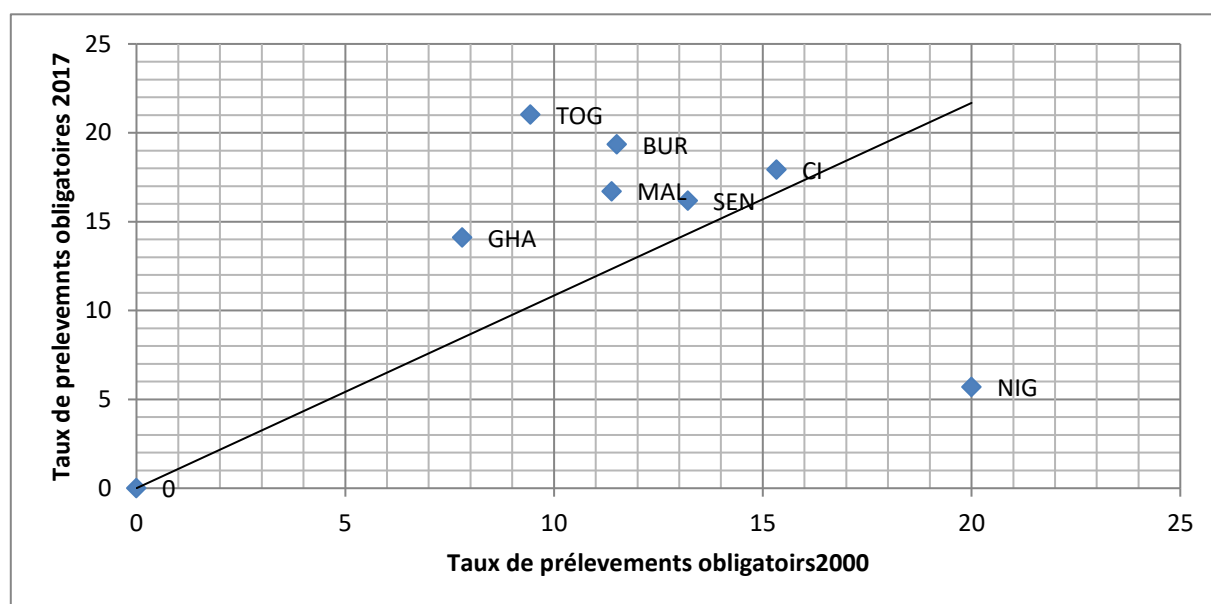




Graphique 2: Taux de prélèvement obligatoire, 2000-2017 (en % du PIB)

Source: Données OCDE et calculs auteur

Comme le montre le **graphique 3**, tous les pays, sauf Nigeria, se situaient au-dessus de la diagonale sur laquelle ils se trouvaient si les taux n'avaient pas changé entre 2000 et 2017.



Graphique 3: Taux de prélèvement obligatoire en 2000 et en 2017 (en % du PIB)

Source: Données OCDE et élaboration auteur

Globalement, les pays où les prélèvements obligatoires sont importants en 2017 sont ceux où ils étaient relativement élevés en 2000.

Cependant, le rythme de l'augmentation n'est pas le même dans tous les pays. On relève un groupe de pays où les prélèvements étaient déjà importants en 2000 et où l'augmentation dépasse la moyenne africaine, il s'agit de Burkina Faso, cote d'ivoire, Sénégal.

A l'autre bout de l'échelle, on trouve des pays où le taux de prélèvement obligatoire était faible en 2000, où il reste faible en 2017 pour certain<sup>13</sup> (c'est le cas de Ghana) alors que ce taux a connu une augmentation considérable pour d'autre comme c'est le cas de Togo qui a dépassé largement la moyenne africaine<sup>14</sup> (17.2 %).

Le cas de Nigeria étant à part, car son taux de prélèvements obligatoires suit une pente ascendante en perdant 13 points entre 2000 et 2017.

Sous l'angle comparatif avec les pays membres de **Gc7**, l'écart entre le poids de la fiscalité au Maroc et celui au sein de **Gc7** atteignait 11.8 points de pourcentage en 2017 pour revenir au niveau de début des années 2000, après avoir atteint 16.2 points de pourcentage en 2008 (**Tableau 1**). Le Maroc, pour toute la période de 2000 à 2017, a toujours eu un taux de prélèvements obligatoires largement supérieur tant à la moyenne des pays membres de **Gc7** qu'à la moyenne africaine.

**Tableau 1. La variation du poids de la fiscalité**

|                                               |  | Variation (en points de pourcentage) |             |             |  |            |             |            |
|-----------------------------------------------|--|--------------------------------------|-------------|-------------|--|------------|-------------|------------|
|                                               |  | 2000                                 | 2008        | 2017        |  | 2000-2008  | 2008-2017   | 2000-2017  |
| Burkina Faso                                  |  | 11,5                                 | 13,5        | 19,3        |  | 2,0        | 5,9         | 7,8        |
| Côte d'Ivoire                                 |  | 15,3                                 | 16,9        | 17,9        |  | 1,6        | 1,0         | 2,6        |
| Ghana                                         |  | 7,8                                  | 10,6        | 14,1        |  | 2,8        | 3,5         | 6,3        |
| Mali                                          |  | 11,4                                 | 13,4        | 16,7        |  | 2,0        | 3,3         | 5,3        |
| Nigéria                                       |  | ..                                   | ..          | 5,7         |  |            |             |            |
| Sénégal                                       |  | 13,2                                 | 15,0        | 16,2        |  | 1,8        | 1,2         | 3,0        |
| Togo                                          |  | 9,4                                  | 14,4        | 21,0        |  | 5,0        | 6,6         | 11,6       |
| <b>Maroc</b>                                  |  | <b>23,5</b>                          | <b>30,2</b> | <b>27,6</b> |  | <b>6,7</b> | <b>-2,6</b> | <b>4,1</b> |
| <b>Pays Gc7</b>                               |  | <b>11,4</b>                          | <b>14,0</b> | <b>15,9</b> |  |            |             |            |
| <b>l'écart entre le maroc et les pays Gc7</b> |  | <b>12,1</b>                          | <b>16,2</b> | <b>11,8</b> |  |            |             |            |

Source: Données OCDE et calculs auteur

Le **tableau 1** fait apparaître également que les Taux de prélèvements obligatoires ont évolué différemment dans chacun des pays **Gc7**. Le Togo et Burkina Faso ont connu les plus fortes hausses au cours de la période étudiée.

Ces différences dans l'évolution des prélèvements obligatoires au sein de la zone **Gc7** s'expliquent notamment par une progression contraste des parts de la fiscalité directe et celle indirecte.

La distinction entre les deux formes de prélèvements est, on le sait, irrémédiablement empirique<sup>15</sup>. Cependant, elle peut être utilisée en précisant le contenu de ces catégories. Relèvent de la fiscalité directe les impôts sur le revenu et les bénéfices, les impôts sur les salaires et les impôts sur le patrimoine. Se rattachent à la fiscalité indirecte les impôts généraux sur la consommation, les impôts spéciaux sur les biens et services et autres impôts.

## 2 L'ÉVOLUTION DU POIDS DE DIFFÉRENTS TYPES DE PRÉLÈVEMENTS OBLIGATOIRES

Il existe différentes manières d'imposer. Bien sûr, un gouvernement peut imposer le revenu annuel de ses citoyens, mais il peut aussi imposer les entreprises sur les résultats qu'elles réalisent, sur le capital qu'elles détiennent ou encore sur les salaires qu'elles versent. L'État peut aussi taxer la consommation, le patrimoine ou mettre en place une politique de protection sociale<sup>16</sup>. Évidemment, ces différentes manières à prélever n'ont pas nécessairement les mêmes contribuables comme cible, ni la même contribution à la progression de poids de fiscalité.

<sup>13</sup> Ne parviennent pas à collecter suffisamment de ressources fiscales. Gaspar et al. (2016) estiment à 13 % le « point de basculement », c'est-à-dire le ratio minimum « impôts/PIB » permettant à l'État de remplir ses principales fonctions.

<sup>14</sup> Le ratio moyen impôts/PIB dans les 26 pays d'Afrique participant à l'édition des statistiques des recettes publiques en Afrique de 2019

<sup>15</sup> Luc GODBOUT et Pierre BELTRAME, « Fiscalité comparée : Comparaison de l'importance des recettes fiscales par rapport au PIB – le Québec en regard du G7, de l'OCDE et de l'UE », *Chaire de recherche en fiscalité et en finances publiques*, Document de travail 2006/04.

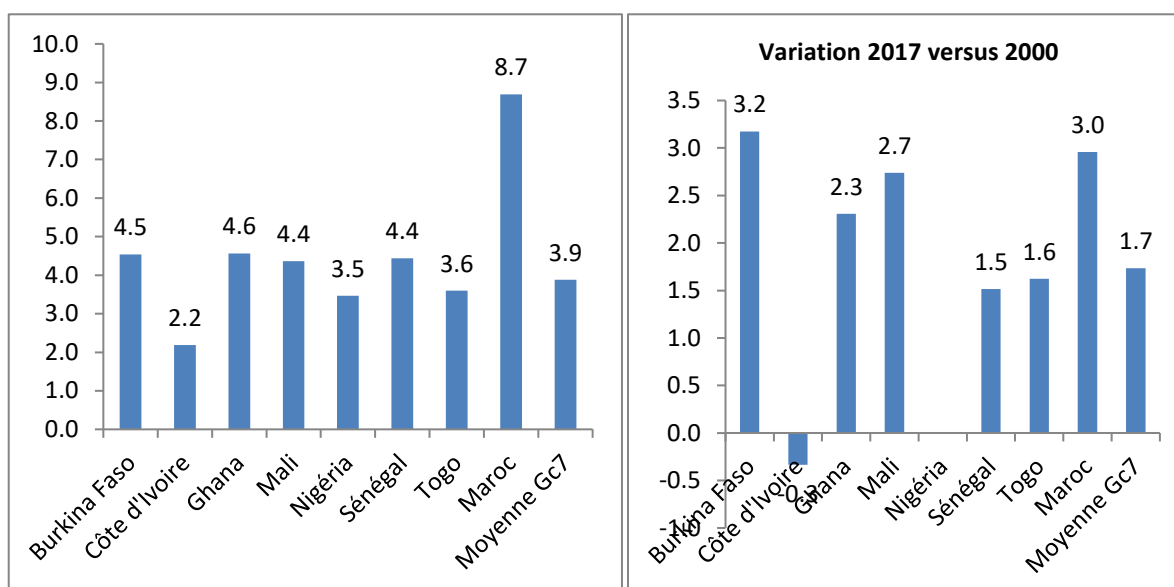
<sup>16</sup> LUC GODBOUT, TOMMY GAGNÉ-DUBÉ et SUZIE ST-CERNY, « BILAN DE LA FISCALITÉ AU QUÉBEC – ÉDITION 2016 », *Chaire de recherche en fiscalité et en finances publiques*, Document de travail 2016/02.

## 2.1 EVOLUTION CONTRASTE DE POIDS DE L'IS ET L'IR AVEC UNE IMPORTANCE MARGINALE DES IMPÔTS SUR LE PATRIMOINE ET LES SALAIRES

La fiscalité directe englobe les impôts sur le revenu et les bénéfices, les impôts sur les salaires et les impôts sur le patrimoine.

Les recettes générées par **les impôts sur le revenu et les bénéfices**<sup>17</sup> ont le plus contribué à l'accroissement de taux de prélèvements obligatoires entre 2000 et 2017. Ces recettes ont augmenté de 2,2% pour atteindre 3.9% en 2017 (**Graphique 4**), principalement grâce à la hausse des recettes de l'IS qu'ont gagné 1.2 points passant de 1.2% à 2.4% du PIB (**Graphique 6**).

Les recettes de l'impôt sur le revenu des particuliers en % de PIB ont régulièrement progressé depuis 2000 et ont atteint leur niveau le plus élevé de 1.4% en 2017 contre 1% en 2000.



**Graphique 4: Impôts sur le revenu et les bénéfices en % du PIB –2017**

Source: Données OCDE et calculs auteur

Le **graphique 4** montre que les impôts sur le revenu et les bénéfices en proportion du PIB, dans les pays **Gc7**, variaient entre 2.2% et 4.6%. Avec 8.7% le Maroc constitue un des pays où le poids des impôts sur le revenu et les bénéfices sont les plus importants. Le ratio marocain se situe largement au-dessus de la moyenne de **Gc7** (4 %).

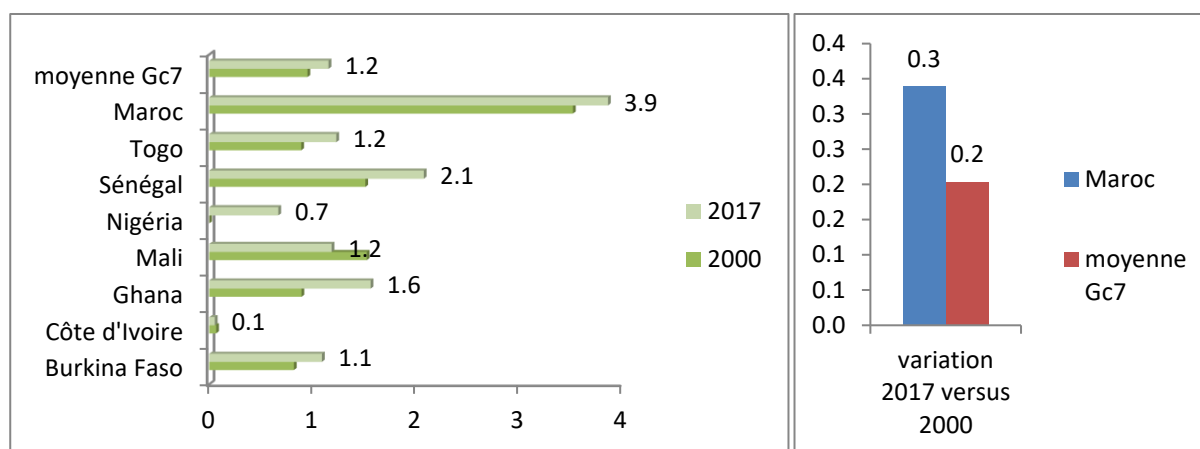
En comparant le poids de l'impôt sur le revenu et les bénéfices au Maroc avec celui des pays **Gc7**, un fort écart de plus de 50% apparaît témoignant que le Maroc est un très grand utilisateur de ce mode d'imposition en comparaison avec un faible poids de cette manière à prélever dans les pays **Gc7**.

Au sein des pays **Gc7**, les impôts sur le revenu et les bénéfices restent le maillon faible dans la mobilisation des ressources fiscales. Ils sont largement plus faibles que les impôts généraux sur la consommation<sup>18</sup>. Dans 4 pays sur 7, ces impôts représentent à peine moitié des impôts généraux sur la consommation contrairement au cas du Maroc où les rentrées fiscales issues des deux types sont de la même ampleur.

<sup>17</sup> Ce groupe couvre les impôts prélevés sur le revenu ou le bénéfice net (c'est-à-dire le revenu brut déduction faite des abattements autorisés) des personnes physiques et des entreprises. Sont aussi couverts les impôts prélevés sur les gains en capital des personnes physiques et des entreprises et sur les gains provenant de jeux(OCDE).

<sup>18</sup> Ces impôts couvrent les taxes sur la valeur ajoutée, les taxes sur les ventes et les taxes de caractère cumulatif en cascade. On a ajouté aux recettes brutes de cette catégorie les recettes provenant de la compensation à la frontière de ces impôts lorsque les biens sont importés, et déduit les remboursements d'impôts effectués lorsque les marchandises sont exportées. (OCDE)

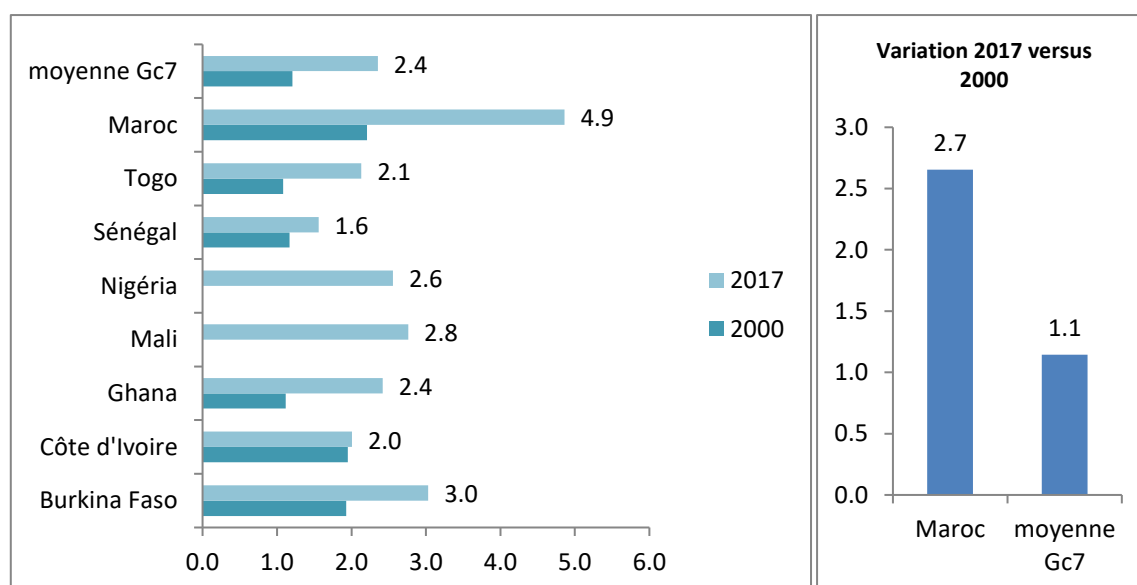
Globalement, l'étroitesse des recettes issues de l'impôt sur le revenu et les bénéfices est associée essentiellement à des taux élevés de l'impôt sur les particuliers, qui sont souvent sous-optimales, et à la difficulté d'identifier et de soumettre les contribuables compte tenu de caractère informel de l'économie.



**Graphique 5: Poids des impôts sur le revenu des particuliers– 2017 (en pourcentage du PIB)**

Source: Données OCDE et calculs auteur

De même, L'impôt sur les sociétés est prélevé sur des assiettes étroites et fortement concentré sur quelque entreprise dynamique dans les branches qui contribuent le plus à l'économie notamment les télécommunications, les banques...



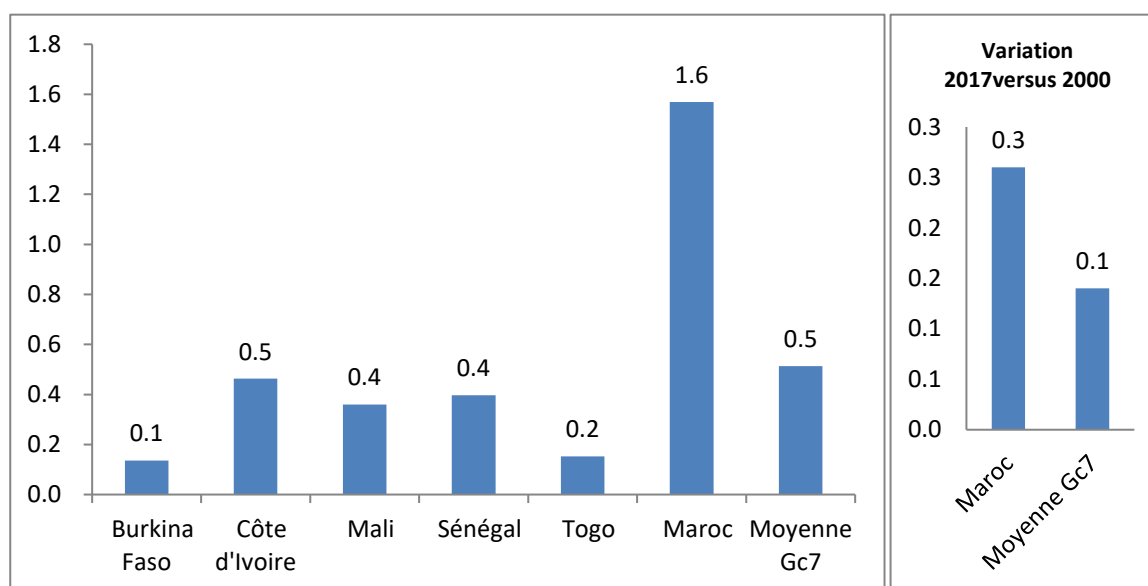
**Graphique 6: Poids des impôts des sociétés – 2017 (en pourcentage du PIB)**

Source: Données OCDE et calculs auteur

Au Sénégal par exemple, le nombre de personne assujetties à l'IS est estimé à 60000 dont environ 3000 contribuent à hauteur de 70% de recettes totales de l'IS<sup>19</sup>. Le reste, essentiellement des petites entreprises, est assujetti à un impôt minimum forfaitaire conformément à l'article 2 de la directive n°01/2008/CM/UEMOA<sup>20</sup> de l'UEMOA qui stipule que « **les Etats membres ont la possibilité d'établir un IMF exigible des entreprises non assujetties à l'imposition sur les bénéfices sans toutefois sans toutefois préciser une fourchette de taux** ». Au Mali par exemple le secteur de télécommunication contribue à hauteur de 1/5 de l'IS.

De plus, au sein des pays **Gc7** le secteur industriel inclut quelques grandes entreprises opérant dans le secteur des ressources naturelles et lorsque l'exploitation n'est pas assurée par une entreprise privée, elle l'est par une entreprise publique dans les bénéfices vont directement alimenter le budget de l'Etat ce qui conduit à un désengagement de l'Etat sur les autres formes de taxes exposant ainsi les recettes publiques aux fluctuations de prix de matières premières.

Quant aux **impôts sur le patrimoine** qui englobent aussi bien les taxes sur la propriété (taxes foncières) que les impôts sur les successions et les donations. Ils sont restés faibles, pendant la période concernée, pour la moyenne des pays membres de **Gc7** (**graphique 7**). Cette faiblesse s'observe également pour le Maroc



**Graphique 7: Poids des impôts sur le patrimoine – 2017 (en proportion du PIB)**

Source: Données OCDE et calculs auteur

Les taxes sur le patrimoine sont généralement complémentaires aux autres assiettes d'imposition et ont, en conséquence, une importance plus marginale. Par ailleurs, l'utilisation relative de cette source de recettes pour la moyenne des pays de **Gc7** est très stable entre 2000 et 2017, se situant à une valeur proche à 0%. L'analyse révèle que tout au long de cette période, les impôts sur le patrimoine en proportion du PIB ont occupé une place moindre dans les pays **Gc7** qu'au Maroc.

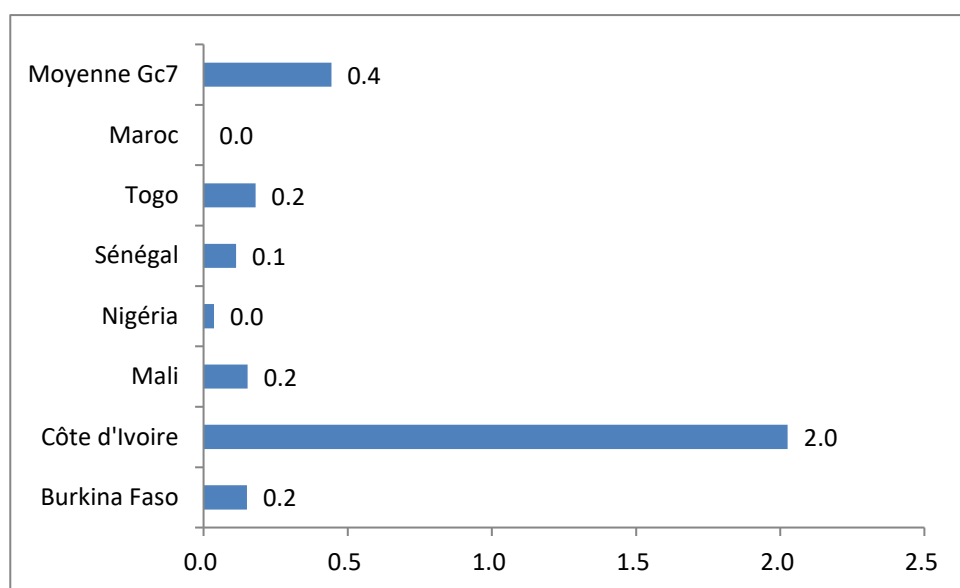
<sup>19</sup> Olivia GANDZION, « Mobilisation des recettes fiscales dans l'UEMOA : L'obstacle de l'informel, le levier du mobile-money », *L'Afrique des Idées*, Le 24 juillet 2017.

<sup>20</sup> La Directive n° 01/2008/CM/UEMOA vise à harmoniser les modalités de détermination du résultat imposable des personnes morales dans les domaines suivants:

- le champ d'application de l'impôt sur les bénéfices
- les modalités de détermination des bénéfices et des revenus imposables et les différentes charges déductibles (frais généraux, amortissements, provisions)
- Les différents régimes d'impositions
- Les obligations des contribuables – Le contrôle des déclarations – Les personnes morales exemptées d'impôt sur les bénéfices

Le Maroc dispose d'une taxe sur la détention du patrimoine immobilier dont les recettes représentent 0,7% du PIB, soit environ 7,4 milliards de dirhams, un chiffre dérisoire. Il n'existe pas d'imposition sur la fortune, ni de droits sur les successions ou les donations et le reste de la taxation du patrimoine repose sur les opérations financières et sur les opérations en capital (1,3% du PIB, soit 1,3 milliard de dollars). A noter que l'imposition de la transmission et de l'héritage a été modifiée dans la loi de finances 2019. Désormais, la base taxable est la valeur de marché du bien au moment de la transmission du patrimoine. Cependant, le taux retenu, 1% de la valeur, est négligeable et sans aucune incidence sur la reproduction intergénérationnelle des écarts de richesses.

En ce qui concerne *les impôts sur les salaires et la main-d'œuvre*, ils occupent une place beaucoup plus modeste dans la structure fiscale des pays Gc7 et au Maroc (*Graphique 8*). Il s'agit d'impôts que doivent acquitter les entreprises, déterminés en proportion des salaires et des traitements payés, ou d'après un montant fixe par personne employée. Ils ne comprennent pas les cotisations obligatoires de sécurité sociale payées par les employeurs, ni les impôts payés par les salariés sur leurs traitements et leurs salaires<sup>21</sup>.



*Graphique 8: Poids des impôts sur les salaires et la main-d'œuvre – 2017 (en proportion du PIB)*

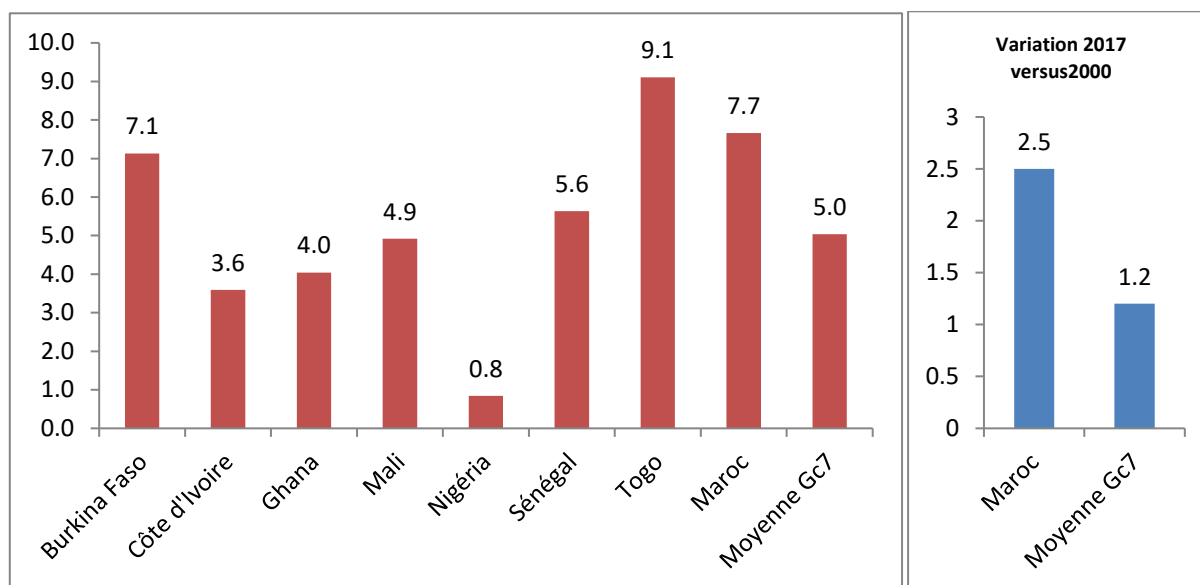
Source: Données OCDE et calculs auteur

## 2.2 UNE PLACE PRÉPONDÉRANTE DE LA TAXE SUR LA VALEUR AJOUTÉE DANS L'ÉVOLUTION DE FARDEAU FISCAL.

Le terme de la fiscalité indirecte est utilisé pour désigner l'ensemble de taxes sur bien et services. Ces derniers incluent notamment les droits de douane perçus sur le commerce de biens et services entre pays et régions, les droits d'accise qui portent sur les quantités vendues de certains biens particuliers (tabac, alcool ou produits pétroliers) ou encore les taxes ad valorem, qui portent sur la valeur des produits et services échangés. La taxe sur la valeur ajoutée (TVA) constitue le principal exemple de taxe ad valorem.

Entre 2000 et 2017, la taxe sur la valeur ajoutée était le 2 deuxième principal moteur de l'accroissement de taux de prélèvements obligatoires de la moyenne Gc7. elle a progressé de 1.3 de pourcentage, passant de 3.5% en 2000 à 4.9% en 2017.

<sup>21</sup> OCDE, « Revenue Statistics in Africa 1990-2017 », rapport 2019.



Graphique 9: Poids de la taxe sur la valeur ajoutée – 2017 (en proportion du PIB)

Source: Données OCDE et calculs auteur

Les catégories d'impôts qu'ont le plus contribué à l'accroissement du taux de prélèvements obligatoires entre 2000 et 2017 variaient d'un pays à l'autre.

La TVA arrivait en tête dans quatre pays. Les hausses les plus importantes de recettes tirées de la taxe sur la valeur ajoutée (plus de 3 points) se sont produites dans des pays qu'ont mis en place un système de la taxe sur la valeur ajoutée dans les années 2000 à savoir le Togo et Burkina Faso.

Au cours de cette période, les réformes fiscales menées dans ces pays se distinguent par la priorité donnée à la fiscalité indirecte<sup>22</sup> et tout particulièrement la taxe sur la valeur ajoutée dont la mise en œuvre s'est depuis largement étendue.

Pour des raisons liées à l'efficacité économique, la taxe sur la valeur ajoutée a été le choix privilégié susceptible d'élargir la base imposable pour couvrir tous les biens de secteur informel, sans dénaturer les processus de production.

La mise en place de la taxe sur la valeur ajoutée s'est accompagnée d'importants efforts pour améliorer l'organisation, le fonctionnement et les procédures des administrations fiscales et qui ont contribué à l'accroissement des recettes de taxe sur la valeur ajoutée pendant la période considérée.

Le poids de la taxe sur la valeur ajoutée en proportion du PIB au sein des pays membres de Gc7 varie de 0.9 % au Nigeria à 9 % au Togo. Le Maroc (7,4 %) se situe au-dessus de la moyenne de Gc7 (5 %) alors que seulement le Togo a un poids de la taxe sur la valeur ajoutée en proportion du PIB supérieur à celui du Maroc.

**Les recettes provenant d'autres impôts sur les biens et services<sup>23</sup>** représentaient, en 2000, 3 % de PIB. Ces recettes ont augmenté de 0.6% pour atteindre 3.6% de PIB en 2017 principalement grâce à la hausse des recettes de droits d'importation et de douane qui ont régulièrement progressé depuis 2000 et ont atteint leur niveau le plus élevé de 2.3 % en 2017 contre 1.7% en 2000.

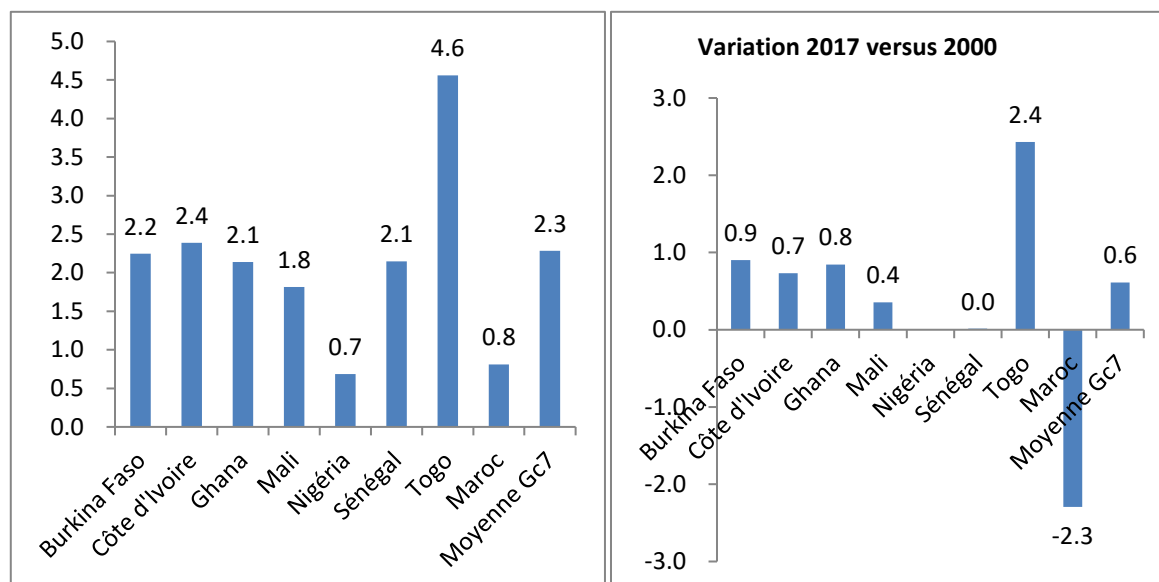
La plupart des pays de Gc7 font partie d'organisations régionales africaines dont les membres adoptent des règles communes en matière fiscale et douanière et forment une union douanière. La Côte d'Ivoire, le Mali, le Burkina Faso le Sénégal

<sup>22</sup>Dans le cadre de la transition fiscale dite « de première génération » qui fut engagée à réduire la part de la fiscalité assise sur les droits de porte pour privilégier la fiscalité indirecte.

<sup>23</sup> Selon la classification des impôts de l'OCDE, ce sous-groupe couvre les accises, les bénéfices engendrés et transférés par les monopoles fiscaux, et les droits de douane et à l'importation, ainsi que les taxes à l'exportation, les opérations de change, les biens d'équipement et les paris.

et le Togo adhèrent à l'Union économique et monétaire ouest-africaine (UEMOA) <sup>24</sup>. L'UEMOA a vocation à renforcer la compétitivité économique et financière des États membres, à assurer la convergence de leurs résultats et de leurs politiques économiques, à créer un marché commun, en mettant en place un Tarif extérieur commun (TEC), une politique commerciale commune ainsi que la liberté de circulation des personnes, des marchandises et des capitaux, et à coordonner les politiques sectorielles nationales.

Si la libéralisation des échanges a entraîné une baisse considérable des taxes sur le commerce international (à l'import et l'export) au Maroc et aux autres regroupements régionaux africains tel que CAE<sup>25</sup>, le ratio droit d'importation et de douane / PIB a connu une nette augmentation dans l'écrasante majorité des pays de l'UEMOA.



**Graphique 10: Poids des recettes de droits d'importation et de douane**

Source: Données OCDE et calculs auteur

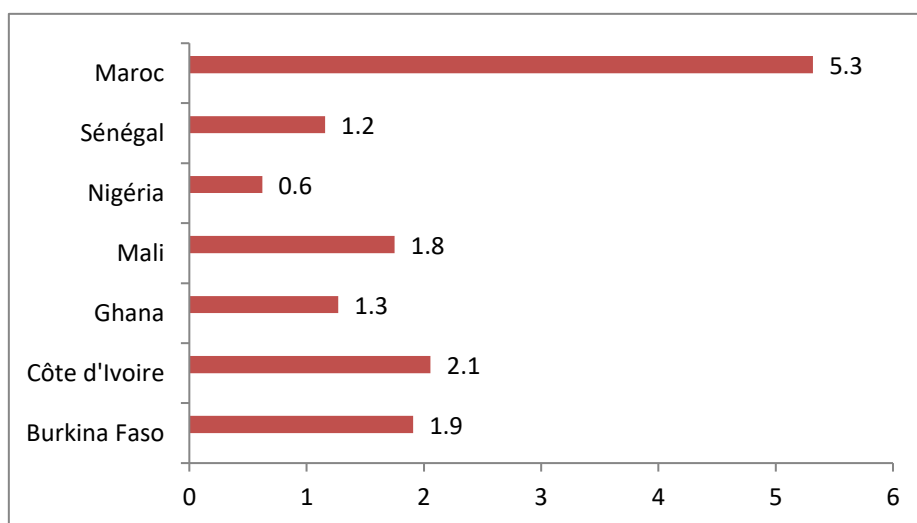
Depuis 2000, les recettes provenant de droits d'importation et de douane au Maroc et dans les pays de la CAE ont sensiblement baissé, tandis que la situation inverse s'est produite dans les pays de l'UEMOA au cours de la même période. Au Maroc, le recul s'échelonnait à 2.3 % du PIB. En revanche, ces recettes ont crû dans tous les pays de l'UEMOA. Le Togo a affiché la plus forte hausse depuis 2000 (équivalente à 3.8 % du PIB).

<sup>24</sup> Union Economique et Monétaire Ouest Africaine

<sup>25</sup> Communauté d'Afrique de l'Est



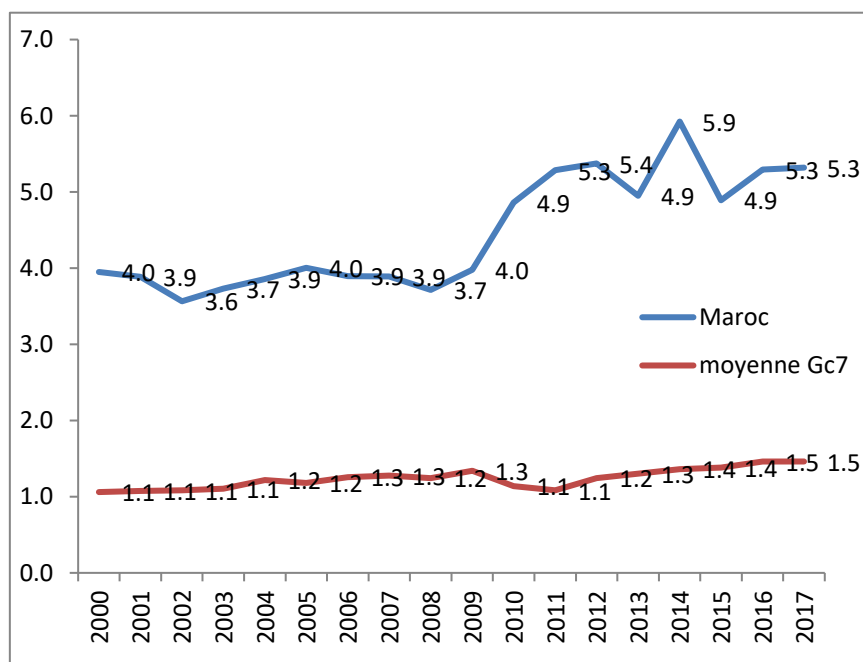
### 2.3 ÉVOLUTION DU POIDS DES COTISATIONS SOCIALES (EN POURCENTAGE DU PIB)



Graphique 11: Poids des cotisations sociale – 2017 (en pourcentage du PIB)

Source: Données OCDE et calculs auteur

Parmi les pays membres de **Gc7**, La part des recettes provenant des cotisations de sécurité sociale, en pourcentage du PIB passe de 0.6% au Nigeria à 2,1 % au Côte d'Ivoire. Le ratio marocain se trouve toutefois nettement supérieur à la moyenne des pays membres de **Gc7** à 5.3 %. La progression du poids des cotisations sociales en proportion du PIB a été constante entre 2000 et 2017 pour la moyenne des pays membres de **Gc7** (Graphique 12). Elle a toutefois été plus marquée au Maroc, passant de 4 % en 1981 à 5,3 % en 2013. En conséquence, l'écart avec la moyenne de **Gc7** s'accroît passant de 2.9 à 3.8 points de pourcentage entre 2000 et 2017 ce qui explique largement la différence entre les taux de prélèvements obligatoires pour les deux parties.



Graphique 12: Évolution du poids des cotisations sociales (en pourcentage du PIB)

Source: Données OCDE et calculs auteur

### 3 CONCLUSION

L'analyse de la comparaison de l'évolution du poids de la fiscalité marocaine avec une sélection de pays de la zone CEDEAO montre que le Maroc se distingue par un niveau de prélèvements obligatoires élevé par rapport aux autres pays de la région CEDEAO. Or, cette comparaison ne doit pas servir à faire de faux constats en illustrant la position désavantageuse du Maroc par rapport ces pays et bêtement servir comme un justificatif pour réduire le poids de la fiscalité marocaine. Cela dit, cette comparaison s'avère tout à fait indispensable pour démontrer que même si certains pays recourent moins à la fiscalité que le Maroc, certains choix dans le volume des prélèvements obligatoires et la manière à les prélever méritent une attention particulière en vue de d'améliorer la performance de notre système de prélèvements obligatoires.

### REFERENCES

- [1] Lurton Grégoire, « Mesurer la pression fiscale », Regards croisés sur l'économie, 2007/1 (n° 1), p. 66-68. DOI: 10.3917/rce.001.0066. [Online] available: <https://www.cairn.info/revue-regards-croises-sur-l-economie-2007-1-page-66.htm>.
- [2] Bouvier Michel, « Sens et légitimité de l'impôt », Pouvoirs, 2014/4 (n° 151), p. 27-34. DOI: 10.3917/pouv.151.0027. [Online] Available: <https://www.cairn.info/revue-pouvoirs-2014-4-page-27.htm>.
- [3] Sterdyniak Henri, « La fiscalité française, un chef-d'œuvre en péril ? », Regards croisés sur l'économie, 2007/1 (n° 1), p. 69-86. DOI: 10.3917/rce.001.0069. [Online] Available: <https://www.cairn.info/revue-regards-croises-sur-l-economie-2007-1-page-69.htm>.
- [4] Conseil Economique et Social, « Le système fiscal marocain, développement économique et cohésion sociale », Auto-Saisine n°9/2012. [Online] Available: <http://www.ces.ma/Documents/PDF/Rapport-Fiscalite-VF.pdf>.
- [5] Direction des Etudes et des Prévisions Financières, Tableau de bord des finances publiques 2017. [Online] Available: [https://www.finances.gov.ma/Docs/depf/2017/TB\\_FP\\_01\\_06\\_2017.PDF](https://www.finances.gov.ma/Docs/depf/2017/TB_FP_01_06_2017.PDF).
- [6] Rachid HASNAOUI, « The Moroccan tax system: a major constraint to the balance of public finances », International Journal of Innovation and Applied Studies, 2016.
- [7] Meryem CHIADMI, Mohamed KARIM et Meriem OBADA, « Structure de la fiscalité marocaine entre les considérations d'équité sociale et d'efficacité économique: Une analyse en équilibre général appliquée », Association Marocaine de Sciences Economiques, AMSE WP N° 2013- 14. [Online] Available: <http://www.amse.ma/doc/Doc%20W%202013-03.pdf>.
- [8] Luc GODBOUT et Pierre BELTRAME, « Fiscalité comparée: Comparaison de l'importance des recettes fiscales par rapport au PIB – le Québec en regard du G7, de l'OCDE et de l'UE », Chaire de recherche en fiscalité et en finances publiques, Document de travail 2006/04. [Online] Available: [https://depot.erudit.org/bitstream/002189dd/1/Prelevements\\_obligatoires\\_compares\\_Final.pdf](https://depot.erudit.org/bitstream/002189dd/1/Prelevements_obligatoires_compares_Final.pdf).
- [9] Sarah MAYER, « ÉTUDE DES OBSTACLES À L'ÉQUITÉ ET À L'EFFICACITÉ DU SYSTÈME FISCAL FRANÇAIS », Thèse de Doctorat, Septembre 2016, Université Panthéon-Assas école doctorale de droit privé. [Online] Available: <https://docplayer.fr/64193913-Etude-des-obstacles-a-l-equite-et-a-l-efficacite-du-systeme-fiscal-francais.html>
- [10] Paul Zhlen, « Les prélèvements obligatoires depuis les années 1960 », Institut national de la statistique et des études économiques, 2013. [Online] Available: <https://statistiques.public.lu/catalogue-publications/luxembourg/2013/PDF-01-13.pdf>.
- [11] OCDE, « Revenue Statistics in Africa 1990-2016 », rapport 2018. [Online] Available: <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264305885-en-fr.pdf?expires=1549310418&id=id&accname=guest&checksum=B037F6CAB03CA42198F14634293CED17>.
- [12] ARNAUD PARIENTY « Prélèvements obligatoires: un outil délicat à manier », ALTERNATIVES ECONOMIQUES N°173, 1999. [Online] Available: <https://www.alternatives-economiques.fr/prelevements-obligatoires-un-outil-delicat-a-manier/00020815economie>.

## La perception des éleveurs sur les causes et les conséquences de la régression de l'effectif du mouton Koundoum au Niger

### [ Herders' perceptions on the causes and consequences of the regression in the number of Koundoum sheep in Niger ]

*Issa Hamadou<sup>1</sup>, Seyni Siddo<sup>1</sup>, Mamman Mani<sup>1</sup>, Moumouni Issa<sup>2</sup>, and Hamani Marichatou<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Département des Productions Animales, Institut National de la Recherche Agronomique du Niger, BP: 429 Niamey, Niger

<sup>2</sup>Département des Productions Animales, Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni, BP: 10960 Niamey, Niger

---

Copyright © 2020 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 African countries, the diversity of domestic animals is maintained thanks to traditional agro-pastoral communities. The mutations experienced by these communities result in an erosion of the genetic diversity of which they are the guardians. In response to threats to biological diversity, a convention for its protection was signed in 1992 by several countries, including Niger, therefore committed to conserving the genetic diversity of its livestock breeds. One of these breeds, the Koundoum sheep, is threatened with extinction. The objective of this work is to study the reasons and consequences of this decline, through semi-structured interviews with 104 sheep farmers in the natural habitat of Koundoum. The main reasons given as causes of the decline in the numbers of Koundoum sheep are crossbreeding with other breeds (25.00%), the lack of pasture on the banks of the Niger River (19.23%) and mortality linked to parasitism. (15.38%). Regarding the consequences, this regression was considered damaging for national biodiversity by 7.69% of breeders. 14.42% of breeders think that it is a loss of local cultural values and 9.62% see it as a risk loss of a breed adapted to their land. 42.31% of herders perceive this disappearance primarily as a loss of financial resources. In short, the farmers' responses refer to two distinct phenomena: substitution between breeds and the decrease in the total sheep population in the area. The two phenomena call for different conservation strategies, in situ and ex situ. These should be integrated into a global program involving breeders, scientists and political authorities.

**KEYWORDS:** Perception, biodiversity, genetic erosion, breeders, Koundoum sheep, Niger.

**RESUME:** Dans les pays africains, la diversité des animaux domestiques se maintient grâce aux communautés agro-pastorales traditionnelles. Les mutations que connaissent ces communautés résultent en une érosion de la diversité génétique dont elles sont les gardiennes. En réponse aux menaces pesant sur la diversité biologique, une convention pour sa protection a été signée en 1992 par plusieurs pays, dont le Niger, dès lors engagé dans la conservation de la diversité génétique de ses races d'élevage. L'une de ces races, le mouton Koundoum, est menacée de disparition. L'objectif de ce travail est d'étudier les raisons et conséquences de ce déclin, à travers des entretiens semi-structurés auprès de 104 éleveurs de moutons dans l'habitat naturel du Koundoum. Les principales raisons avancées comme causes de la régression des effectifs de moutons Koundoum sont les croisements avec les autres races (25,00%), le manque de pâturages sur les bords du fleuve Niger (19,23%) et la mortalité liée au parasitisme (15,38%). S'agissant des conséquences, cette régression était considérée comme dommageable pour la biodiversité nationale par 7,69% des éleveurs. 14,42% des éleveurs pensent que c'est une perte de valeurs culturelles locales et 9,62% y voient un risque de perte d'une race adaptée à leur terroir. 42,31% des éleveurs perçoivent d'abord cette disparition comme une perte de ressources financières. En somme les réponses des éleveurs renvoient à deux phénomènes distincts: la substitution entre races et la diminution de l'effectif ovin total dans la zone. Les deux phénomènes appellent des stratégies de

conservation différentes, *in situ* et *ex situ*. Celles-ci devraient être intégrées dans un programme global impliquant éleveurs, scientifiques et autorités politiques.

**MOTS-CLEFS:** Perception, biodiversité, érosion génétique, éleveurs, mouton Koundoum, Niger.

## 1 INTRODUCTION

Dans les pays en développement, la diversité des ressources génétiques des animaux domestiques se maintient grâce aux communautés agro-pastorales traditionnelles [1]. Les mutations que connaissent ces communautés en résultent souvent une érosion de la diversité génétique dont elles sont les gardiennes. En réponse aux menaces pesant sur la diversité biologique dans ces structures de base de gestion des ressources génétiques animales, une convention pour sa protection a été signée en 1992 par 194 pays à travers le monde [2], dont le Niger, dès lors engagé dans la conservation de la diversité génétique de ses races d'élevage. En ce qui concerne la diversité génétique des ovins, sept races sont répertoriées au Niger [3], [4], dont quatre races à poils (balami, Bali Bali, Oudah et Ara Ara) et trois races à laine (Koundoum, Hadine, Dane Zela).

L'une de ces races à laine, le mouton Koundoum, qui est un des rares moutons à laine du Sahel est menacée de disparition [5] à cause des croisements avec d'autres races plus productives comme les moutons peuls et Touaregs. Selon Charray et al 1980, le Koundoum étant un animal à faible rendement de carcasse (40%), la recherche des animaux économiquement rentable en cas d'embouche c'est à dire produisant plus de viande et de grand format a conduit les éleveurs à utiliser le croisement. Comme mentionné ci haut, les schémas de croisement consistaient à croiser le mouton Koundoum avec les moutons Touaregs et Peuls, deux races de format plus grand que celui du Koundoum. Ces croisements étaient à la base de la réduction drastique de l'effectif du mouton Koundoum dans sa zone d'élevage, réputé pour son adaptation aux conditions climatiques de la vallée du fleuve Niger et sa production de laine, qui justifient la mise en œuvre d'un programme de conservation de ce patrimoine génétique original.

C'est dans ce cadre que la Faculté d'Agronomie de l'Université de Niamey en tant que structure publique d'enseignement et de recherche a initié en 2010 un programme de conservation du mouton Koundoum en vue de contribuer au respect des engagements de l'Etat du Niger vis-à-vis de la convention sur la biodiversité. D'une manière générale, la conservation de la biodiversité exige d'avoir des réponses à des questions multiples dont entre autres les causes, les effets et les impacts de la régression de l'effectif de la race en question [6]. Par ailleurs, pour les projets d'élevage, il est difficile dans la majorité des cas de s'appuyer sur des données d'expérimentation préétablies, non plus que sur les méthodes et les résultats d'opérations déjà réalisées. Chaque projet de développement de l'élevage doit se baser sur des enquêtes et des études préalables dans la zone concernée [7]. En ce qui concerne la race Koudoum, aucune étude n'a été réalisée qui permet de répondre à ces constats. Cette étude s'inscrit parfaitement dans l'esprit du programme de conservation du mouton Koundoum et constitue une étape préalable susceptible de lever les barrières informationnelles et de faire le point sur les savoirs locaux en relation avec la conservation des ressources génétiques et la disparition du mouton Koundoum. Pour cela cette étude a trois objectifs: étudier les particularités du mouton Koundoum, les causes et les conséquences de la régression de son effectif et les mesures à prendre face à cette régression de l'effectif du mouton Koundoum.

## 2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 2.1 ZONE D'ÉTUDE

L'étude a été réalisée dans la région de Tillabery plus précisément dans les départements de Kollo, Say, Tillabéry et Tera correspondant à l'habitat naturel du mouton Koundoum (figure 1). Cette zone est située dans la vallée du fleuve Niger à l'extrême ouest du Niger, entre 14°13' de latitude Nord et 1°27' de longitude Est. Le climat est sahélien avec une saison humide de juin à septembre correspondant à la période de pratique des cultures pluviales, dominées par les céréales en association ou en monoculture. La température moyenne est de 35°C.

La saison sèche qui va d'octobre à mai, se caractérise par la pratique des cultures maraichères en contre saison. Les températures moyennes sont de 25°C en décembre- janvier (saison sèche froide) et 43°C en mars-mai (saison sèche chaude). Ce climat représente une force importante déterminant les opportunités offertes aux paysans dont les moyens de subsistances dépendent secteur de l'agriculture et de l'élevage. Ce dernier se caractérise par deux phénomènes énigmatiques. D'un côté, le cheptel qui augmente et de l'autre les superficies des forêts et des aires de pâturage qui diminuent. Cette situation est aggravée par l'envahissement des aires de pâturages par le *Sida cordifolia* en particulier Mais pour amoindrir ces difficultés, d'importantes innovations sont en train de prendre place dans la région. La première est l'élevage semi-intensif qui est assez

développé dans les zones agro-pastorales. On assiste ici à une intégration agriculture-élevage (fumage des champs, cultures attelées, alimentation d'appoint aux animaux). La seconde est l'élevage intensif (embouche) très développé dans la vallée du fleuve et la zone agricole (Say, Kollo) où les résidus agricoles permettent de garder les animaux en stabulation [8].

Vu l'importance du cheptel de la région, la dynamique d'intensification des systèmes d'élevage et l'important marché de Niamey, le secteur de l'élevage constitue un potentiel de croissance pour la région.

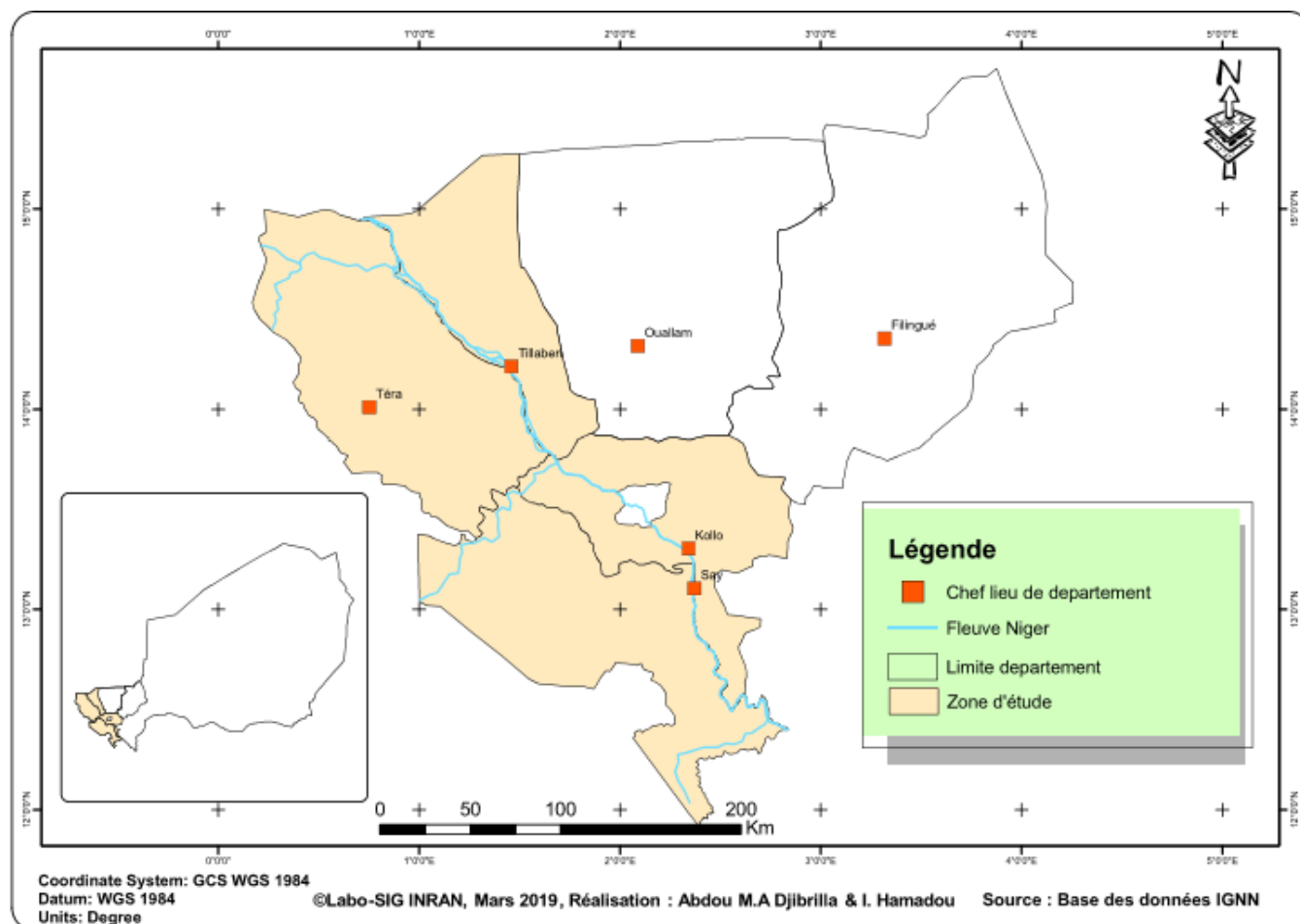


Fig. 1. Carte de la région de Tillabéry

## 2.2 MÉTHODE

La méthodologie d'investigation utilisée est celle de l'enquête par questionnaire semi-ouvert. Ces enquêtes ont été réalisées d'octobre à décembre 2011 auprès de 104 éleveurs. Les fiches d'enquêtes ont été conçues avec l'objectif de recueillir les informations suivantes : les races ovines exploitées dans l'exploitation, les critères de choix des reproducteurs, les causes de la régression de l'effectif du mouton Koundoum, les conséquences de cette régression, les particularités du mouton Koundoum selon les enquêtés et en fin les mesures à prendre pour éviter la disparition de cette race. Les entretiens ont été précédés d'une recherche bibliographique sur le sujet de l'étude. Les objectifs de l'enquête ont été exposés aux enquêtés et des programmations de passage ont ensuite été prises individuellement par éleveur pour répondre aux questionnaires de l'enquête.

Les données collectées ont été saisies dans une maquette réalisée sur le tableur Excel et analysées à l'aide du logiciel R 3.0.1 [9] pour déterminer les taux de citations des différentes réponses des éleveurs aux questions qui leurs ont été posées.

### 3 RÉSULTATS

#### 3.1 LES CARACTÉRISTIQUES SOCIO-ÉCONOMIQUES DES ÉLEVEURS ENQUÊTÉS

Le tableau I résume quelques caractéristiques des producteurs concernés par les enquêtes. Ces résultats suggèrent une faible implication des jeunes dans l'élevage des ovins en général et celui de la race Koundoum en particulier. Il ressort également de ces résultats que l'écrasante majorité des enquêtés sont des agro-éleveurs dont l'ethnie majoritaire qui exploite le mouton Koundoum en monorace est le kourteye.

**Tableau 1.** *Caractéristiques socioéconomiques des éleveurs enquêtés*

| Variables                              | Modalités    | Effectifs | Fréquences (%) |
|----------------------------------------|--------------|-----------|----------------|
| Age                                    | ≤ 35 ans     | 11        | 10,60          |
|                                        | 35–50 ans    | 34        | 32,70          |
|                                        | ≥ 50 ans     | 59        | 56,70          |
| Activité principale                    | Elevage      | 6         | 5,77           |
|                                        | Agriculture  | 97        | 93,27          |
|                                        | Enseignement | 1         | 0,96           |
| Département                            | Kollo        | 40        | 38,46          |
|                                        | Say          | 8         | 7,70           |
|                                        | Tera         | 16        | 15,38          |
|                                        | Tillabéry    | 40        | 38,46          |
| Ethnie élevant le Koundoum en monorace | Kourtey      | 8         | 88,89          |
|                                        | Djerma       | 1         | 11,11          |

#### 3.2 LES CRITÈRES DE CHOIX DES REPRODUCTEURS ET LES PARTICULARITÉS DU MOUTON KOUNDOUM

Il ressort des résultats de l'analyse des données que 60 éleveurs (57,70%) font un élevage monorace du Kassawa qui est un mouton issu du croisement des moutons peuls et Touaregs avec les moutons Koundoums. Pour les critères de choix des animaux, les plus cités sont l'adaptation au milieu et la production de viande. En effet, 24 éleveurs (23,08%) affirment choisir les animaux pour leur adaptation au milieu, et 58 éleveurs (55,78%) choisissent une race pour son aptitude en production de viande d'où la large exploitation du mouton Kassawa dans la zone étudiée. Par ailleurs pour 22 éleveurs (21,15%) qui utilisent des combinaisons de ces deux raisons plus d'autres critères et également d'autres qui ne se préoccupent pas de la gestion de la reproduction de leur troupeau. Les résultats concernant les particularités du mouton koundoum sont consignés dans le tableau II.

**Tableau 2.** *Particularités du mouton Koundoum d'après les éleveurs*

| Particularités             | Effectif   | Frequence  |
|----------------------------|------------|------------|
| Prolifique                 | 20         | 19,23      |
| Adaptée                    | 13         | 12,5       |
| R A S                      | 11         | 10,57      |
| Prolifique et bonne viande | 8          | 7,69       |
| Peux exigeant en aliment   | 8          | 7,69       |
| Présence de la laine       | 7          | 6,74       |
| Adapté et bonne viande     | 5          | 4,81       |
| Bon lait et bonne viande   | 4          | 3,85       |
| Autres                     | 28         | 26,92      |
| <b>Total</b>               | <b>104</b> | <b>100</b> |

### 3.3 LES CAUSES ET LES CONSÉQUENCES DE LA RÉGRESSION DE L'EFFECTIF DU MOUTON KOUNDOUM D'APRÈS LES ÉLEVEURS

#### 3.3.1 LES CAUSES DE LA RÉGRESSION DE L'EFFECTIF DU MOUTON KOUNDOUM

Les principales causes de la régression de l'effectif du mouton Koundoum sont dans le tableau III par ordre d'importance. Il ressort que les croisements entre les races ou le métissage, le manque de pâturage de décrue au bord du fleuve Niger et le parasitisme sont les causes de la régression de l'effectif voire la disparition du mouton Koundoum dans la zone de la vallée du fleuve Niger (Tableau III). Il est important également de noter que près de neuf pour cent des enquêtés ont avancé parmi ces causes la combinaison de ces deux dernières raisons à savoir le manque de pâturage et les maladies d'origines parasitaires. Un autre résultat de ce tableau qui nécessite un commentaire est la modalité autres parmi les causes qui regroupe plusieurs combinaisons de raisons. Ainsi, nous distinguons parmi ces réponses celles relative à la vente des animaux et les combinaisons vente plus métissage, vente plus exode des jeunes et vente plus manque de pâturage de décrue au bord du fleuve Niger. Un des répondants a tout de même évoqué les changements climatiques en lien avec la hausse des températures parmi ces causes.

**Tableau 3. Causes de la régression de l'effectif du mouton Koundoum**

| Causes                       | Effectif   | Fréquence  |
|------------------------------|------------|------------|
| Métissage                    | 26         | 25         |
| Manque de pâturage           | 20         | 19,20      |
| Parasites                    | 16         | 15,40      |
| Manque pâturage et parasites | 9          | 8,65       |
| N'ont jamais élevé la race   | 4          | 3,84       |
| Décès des propriétaires      | 3          | 2,90       |
| Sans avis                    | 3          | 2,90       |
| Présence de la laine         | 2          | 1,92       |
| Autres                       | 21         | 20,19      |
| <b>Total</b>                 | <b>104</b> | <b>100</b> |

#### 3.3.2 LES CONSÉQUENCES DE LA RÉGRESSION DE L'EFFECTIF DU MOUTON KOUNDOUM

Les principales conséquences de la réduction de l'effectif du mouton Koundoum qui résultent des résultats des enquêtes sont la perte de richesse économique, une perte de valeur culturelle et la perte d'une race rustique qui est adaptée aux conditions du milieu (tableau IV). Néanmoins pour 20% des enquêtés, la disparition du mouton Koundoum ne constitue aucun problème pour eux car c'est une race qui a une faible valeur marchande à cause de sa faible performance en production de viande. Il est aussi important de souligner malgré le faible pourcentage de 8%, que certains éleveurs se soucient de la biodiversité de leur zone en considérant cette baisse de l'effectif du mouton Koundoum comme une perte de diversité génétique.

**Tableau 4. Conséquences de la régression de l'effectif du mouton Koundoum**

| Conséquences               | Effectif   | Fréquence (%) |
|----------------------------|------------|---------------|
| Perte de richesse          | 44         | 41,40         |
| Aucun problème             | 20         | 19,23         |
| Perte de valeur culturelle | 15         | 14,42         |
| Perte d'adaptabilité       | 10         | 9,62          |
| Perte de diversité         | 8          | 7,70          |
| Sans avis                  | 3          | 2,90          |
| Perte de prolificité       | 2          | 1,92          |
| Perte de la laine          | 2          | 1,92          |
| Autres                     | 0          | 0             |
| <b>Total</b>               | <b>104</b> | <b>100</b>    |

### 3.4 LES MESURES À PRENDRE POUR ÉVITER LA DISPARITION DU MOUTON KOUNDOUM

Au niveau des mesures zootechniques de prévention de la disparition du Koundoum (tableau V), 50 éleveurs (48,08%) ont proposé la réintroduction du Koundoum dans la zone et 10 éleveurs (9,62%) sont favorables à l'appui de l'Etat et d'autres donateurs en produits vétérinaires aux éleveurs.

En ce qui concerne les mesures à prendre pour éviter la disparition du Koundoum dans la zone du fleuve Niger, 8,65% des enquêtés disent n'avoir aucune proposition à faire afin de prévenir cette régression des effectifs voire cette disparition de la race. 4,81% des éleveurs ont proposé l'encouragement des éleveurs qui détiennent encore cette race par l'état et d'autres structures intervenant dans la conservation de la biodiversité. D'autres propositions formulées par 25,96% des éleveurs enquêtés ont été également dénombrées. Parmi ces propositions, on distingue des propositions purement techniques de l'élevage à savoir la création d'un centre de multiplication du mouton Koundoum, la formation des éleveurs sur les techniques d'élevage et l'aménagement des pâturages. En plus de ces propositions techniques, les propositions d'ordre sociales ont été formulées, il s'agit de la limitation de la vente du mouton Koundoum et l'appui des éleveurs en aliment bétail. En fin, des mesures de nature environnementale en l'occurrence la protection du fleuve contre l'ensablement et la sensibilisation des éleveurs sur l'importance de la diversité biologique ont été proposée par des éleveurs.

**Tableau 5.** *Taux de citation des réponses des éleveurs sur les mesures à prendre pour éviter la disparition du mouton Koundoum*

| Mesures                            | Fréquence  | Pourcentage |
|------------------------------------|------------|-------------|
| Réintroduction de la race Koundoum | 50         | 48,08       |
| Appui en produits vétérinaires     | 13         | 12,50       |
| Sans avis                          | 9          | 8,65        |
| Encourager les détenteurs          | 5          | 4,81        |
| Autres                             | 27         | 25,96       |
| <b>TOTAL</b>                       | <b>104</b> | <b>100</b>  |

## 4 DISCUSSION

### 4.1 LES CARACTÉRISTIQUES SOCIOÉCONOMIQUES DES ENQUÊTÉS

La faible implication des jeunes dans l'élevage des moutons de race koundoum que révèlent les résultats de cette étude constitue un facteur défavorable pour la conservation durable de cette race. En effet, conscient que les jeunes ont la créativité, le potentiel et la capacité nécessaires pour changer les choses pour eux-mêmes, leurs sociétés, et pour le reste du monde, l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) a mis en place un programme dénommé « par les jeunes, avec les jeunes et pour les jeunes ». Ce programme vise l'autonomisation des jeunes, les aider à travailler ensemble pour encourager l'innovation et les changements sociaux, participer pleinement au développement de leurs sociétés et lutter contre la pauvreté et l'inégalité [10]. Ainsi, il est aussi important de souligner que cette faible implication des jeunes dans l'élevage du mouton réduit ses chances de conservation in situ.

Un autre aspect de ces résultats qui mérite une attention particulière est le fait que la quasi-totalité des producteurs qui élèvent le mouton Koundoum en monorace sont des Kourteyes. Ce résultat ne pas surprenant car à l'origine ce sont ces kourteyes qui ont introduit cette race au Niger au cours du 15ème siècle [4].

### 4.2 LES CRITÈRES DE CHOIX DES REPRODUCTEURS ET LES PARTICULARITÉS DU MOUTON KOUNDOUM

La prédominance du mouton hybride Kassawa dans les élevages enquêtés dénote l'attachement des éleveurs de la zone d'étude à l'adaptation à la zone du fleuve Niger qui est une caractéristique reconnue chez le mouton koundoum. Ainsi, ce constat cadre avec l'affirmation de la FAO (2009) [11] qui rapporte que les éleveurs maintiennent les animaux qui ont des caractères d'adaptation comme celle au climat de leur zone d'élevage. S'agissant des critères de choix des reproducteurs, l'aptitude à la production de viande citée par les 55,78% des éleveurs enquêtés justifie en parti l'abondance du mouton Kassawa dans ces élevages. En effet, ce mouton est le produit du croisement du Bali bali mouton de grand format et qui d'après Richard et al., (1985) [12] ne supporte pas les fortes humidités avec le mouton Koundoum de petit format mais bien adapté à l'humidité de la vallée du fleuve. Ce brassage de caractéristiques fait du Kassawa un mouton moyen en termes de production de viande et d'adaptation au milieu d'étude. Cet intérêt des éleveurs pour ce type de mouton est conforme à l'affirmation de Mandonnet et al (2006) [13] qui rapporte que la majorité des éleveurs choisissent leurs reproducteurs sur des critères de croissance et de



conformation. Ce choix des animaux sur la base de la production de viande a été considéré par Sechi *et al*, (2005) [14] comme un des facteurs responsables de la réduction du nombre de population animale locale avec une perte de la variabilité génétique.

Les résultats concernant les réponses des éleveurs sur les particularités du mouton Koundoum montrent que les éleveurs attribuent une certaine prolificité à cette race. Ces résultats corroborent les informations rapportées par Wilson en 1991 [15], qui décrit la brebis Koundoum comme étant une race prolifique avec deux mises bas par an et avec un pourcentage de portée double de 3,1%. Ainsi, selon Bloch et Diallo (1991) [16], le regain d'intérêt que connaissent les petits ruminants d'une manière générale est dû à cette prolificité qui permet la reconstitution rapide du cheptel après les sécheresses. Un constat similaire a été fait par Faye et Lhoste en 1999 [17] qui rapportent que les pasteurs des pays sahéliens victimes de sécheresse reconstituaient leurs troupeaux par l'acquisition de petits ruminants, moins coûteux et plus productifs comparés aux grands ruminants.

L'adaptation du mouton Koundoum à la zone du fleuve comme critère de choix citée par les éleveurs justifie la limitation de leur zone agroécologique d'élevage décrite par Charray *et al*, (1980) [18] qui rapportent que les moutons Koundoum sont exclusivement élevés dans la zone d'inondation du fleuve Niger, entre les 14<sup>e</sup> et le 17<sup>e</sup> parallèle et dépérit et meurt dans les régions où la pluviométrie est supérieure à 600 mm par an. Le maintien du potentiel d'adaptation est considéré par Notter (1999) [19] comme l'objectif de base à long terme des programmes de gestion des ressources génétiques des animaux d'élevage.

Le mouton Koundoum est considéré par certains éleveurs comme un animal qui est peu exigeant en aliment, cette qualité peut être un facteur favorable pour la conservation de cette race dans le contexte du Niger caractérisé par une rareté de ressources alimentaires pour les animaux. Ainsi, selon Roessler *et al*, (2008) [20] ce type d'attribut fait partie des genres qui ne sont pas considérés sur le marché et dont plusieurs difficultés sont inhérentes à leur comptabilisation dans les systèmes de petits exploitants. Les connaissances des éleveurs sur les attributs spécifiques de différentes races dans les conditions villageoises peuvent aider à centrer la recherche scientifique sur des caractères particuliers et à identifier les besoins en matière de renforcements des capacités des éleveurs par le biais de programmes de vulgarisation [21].

#### **4.3 LES CAUSES ET LES CONSÉQUENCES DE LA RÉGRESSION DE L'EFFECTIF DU MOUTON KOUNDOUM D'APRÈS LES ÉLEVEURS**

Le métissage cité comme principale cause de la régression de l'effectif du mouton Koundoum par les éleveurs enquêtés a également été considéré par Wollny (2003) [22] comme une menace pour la conservation des populations d'animaux locales en Afrique d'une manière générale. Pour Wiener et Rouvier (2009) [23], les croisements avec des races à forte valeur marchande constituent l'une des causes du déclin de certaines races. Selon Mandonnet *et al* (2006) [13], l'objectif ultime de ces croisements, pour la majorité des éleveurs, est l'obtention des animaux à croissance rapide et de bonne conformation. Le manque de pâturage de décrue au bord du fleuve Niger qui figure également parmi les causes les plus citées est la résultante de plusieurs facteurs dont la pression démographique qui a entraîné la mise en culture de certaines aires de pâturage d'une part. Et d'autre part le manque de jachère qui sert également de lieu de pâturage pour les animaux. Ces causes sont proches des raisons avancées par (Bonfils et Dellere 1987) [24] pour lesquels le problème de dégradation et de l'appauvrissement des sols évolue avec une exceptionnelle rapidité, du fait de la conjugaison permanente et en progression constante des facteurs physiques, humains et animaux. L'ensablement du fleuve participe aussi à cette réduction comme rapporté par Kamuanga *et al*, (2008) [25] selon lesquels l'ensablement réduit les potentialités pastorales du fleuve par la dégradation des bourgoutières et des pâturages de décrue. Cette situation se trouve aggraver par la présence sur les parcours des espèces végétales envahissantes, en occurrence *le sida cordifolia* sur les plateaux et de *Eichhornia crassipes* (jacinthe d'eau) au bord du fleuve. Dans cette dernière zone, l'installation des aménagements hydro agricole, ainsi que les cultures irriguées perturbent le milieu. Pour certains éleveurs, ces difficultés sont les résultats de la faible prise en compte de l'élevage lors de la construction de ces ouvrages. Une situation similaire a été constatée dans le Woalo, partie inondable du delta du fleuve Sénégal par Molenat *et al*, (2003) [26]. Pour Verdier et Millo (1992) [27], l'objectif de ces aménagements est la sécurisation ou l'accroissement de la production compte tenu des irrégularités du régime hydro-climatologique de ces régions.

D'après les éleveurs dans la vallée du fleuve Niger, le parasitisme figure parmi les difficultés qui empêchent l'épanouissement des moutons. D'une manière générale en région tropicale, ces parasites sont considérés comme étant à l'origine de pertes considérables chez les ovins [28]. Youssao et Assogba (2002) [29], rapportent que la Fasciolose Gigantica l'une des maladies provoquées par ces parasites est endémique dans le bassin du fleuve Niger. La Fasciolose est une maladie à évolution aiguë ou chronique qui peut atteindre les moutons de tous âges; elle sévit plus sévèrement dans les zones agroécologiques à climat humide des tropiques [30]. De ce point de vu le bassin du fleuve Niger constitue un habitat favorable pour la douve qui est l'agent responsable de cette maladie. Le décès des propriétaires des animaux cité comme cause de la régression de l'effectif du mouton Koundoum par certains éleveurs relance le débat sur le désengagement des jeunes quant à

la poursuite et la pérennité des actions engagées par les parents. Une autre cause de cette régression en rapport avec la jeunesse est leur départ massif en exode laissant ainsi l'entretien des animaux et les activités champêtres aux personnes âgées. Cette situation conduit certains propriétaires à vendre les moutons faute de pouvoir les entretenir convenablement. Ces résultats corroborent ceux d'Ancey *et al*, (2007) [31] qui rapportent que l'élevage des petits ruminants augmente considérablement la charge de travail, car nécessitant un gardien au pâturage.

S'agissant des conséquences de la régression de l'effectif du mouton Koundoum, la première aux yeux des éleveurs qui est la perte de richesse économique au niveau des exploitations agricoles. Ceci est conforme à l'avis de plusieurs chercheurs concernant le rôle du bétail. Ainsi, pour Rege et Gibson (2003) [32] le bétail est la seule forme durable de stocker les richesses en milieu rural où il n'existe pas de système financier. De leur côté Faye et Lhoste (1999) [17], ont cité parmi les rôles de l'élevage celui qui permet à l'éleveur de garantir une capitalisation. Ils ont également rapporté que le fait que les termes cheptel et capital ont la même étymologie n'est pas dû au hasard.

La considération de la réduction de l'effectif du mouton Koundoum comme une perte de valeur culturelle surtout pour l'ethnie Kourteye résulte du lien séculaire existant entre ce dernier et le mouton Koundoum. Ainsi, selon Charray *et al* (1980) [18] le mouton Koundoum a été introduit au Niger par les Kourteyes vers le 18<sup>e</sup> siècle. En plus, actuellement ce sont ces mêmes Kourteyes qui possèdent le plus grand nombre de moutons Koundoum. Selon la FAO 2007 [33], une perte de races locales entraînera une érosion culturelle et réduira la capacité des communautés à préserver leurs cultures et leurs moyens de subsistance.

Certains éleveurs voient à travers ce phénomène de réduction de l'effectif de la race le risque d'une perte de ses principales caractéristiques et aptitudes notamment, la prolificité, l'adaptation aux conditions du milieu d'étude et la production de laine. Ainsi, d'après Charray *et al*, (1880) [18] la production de laine constitue l'aptitude principale de cette race. Selon Richard *et al*, (1985) [12] ce mouton était autrefois exploité justement pour sa laine dont les sédentaires Djerma de la région du fleuve faisaient des couvertures de mariage. D'autres éleveurs considèrent cette érosion de la race comme une perte de diversité biologique animale, ce qui montre que certains éleveurs sont conscients de l'importance de la biodiversité locale. Cette prise de conscience peut constituer un facteur favorable pour la mise en œuvre du projet de conservation du mouton Koundoum dans cette zone. D'une manière générale la conservation de la diversité est indispensable pour la pérennité des systèmes de production. D'après Ilse (2001) [1], dans ces milieux à aptitudes marginales, les races locales jouent un rôle décisif pour le maintien durable des systèmes de production ruraux. Pour Naves *et al* (2001) [34], en zones tropicales, les populations locales d'animaux domestiques sont souvent les mieux adaptées aux conditions du milieu. Elles peuvent ainsi contribuer à la mise en place de systèmes d'élevage durables. Pour certains éleveurs la disparition du mouton koundoum ne constitue aucun problème, car pour ces derniers c'est une race peu productive et donc de faible valeur marchande. Ces divergences de points de vue soulèvent le débat sur le dilemme entre développement économique et conservation de la biodiversité. Ces constats rejoignent ceux de Hamadou *et al* 2016 [35] dans une étude sur la cartographie des points de vue des parties prenantes dans la gestion de la biodiversité au Niger.

#### 4.4 LES MESURES À PRENDRE POUR ÉVITER LA DISPARITION DU MOUTON KOUNDOUN

La majorité des éleveurs ont proposé comme solution la réintroduction de la race dans les élevages de son habitat naturel et son introduction dans certaines zones jugées favorables à son élevage. Par ailleurs, les éleveurs ont proposé une autre solution qui est d'actualité notamment la lutte contre l'ensablement du fleuve en vue de préserver les aires de pâturage du bord du fleuve. Il n'est un secret pour aucun habitant de cette zone que l'ensablement est un problème environnemental réel que connaît le bassin du fleuve Niger. Ainsi, selon Mamadou *et al* 2009 [36], depuis quelques années, le fleuve Niger se trouve dans une situation critique d'ensablement. Cette situation constitue une menace pour les activités économiques de milliers de personnes qui tirent leurs sources de revenus des diverses occupations passant par l'agriculture, la pêche, l'alimentation en eau des populations et l'élevage.

Toujours concernant l'alimentation des animaux, une autre proposition est celle relative à l'aménagement des pâturages. En effet, selon Diao *et al*, (2006) [37] ces derniers constituent la principale source d'alimentation des ruminants dans la zone sahélienne. Ainsi, pour Bonfils et Dellere (1987) [24], la protection de ces zones de pâturage constitue la contribution du secteur de l'élevage à la lutte contre la dégradation des sols. Cette protection peut se faire selon Landais (1990) [38] à travers l'utilisation des clôtures qui permettent également la protection des cultures contre le bétail et la diminution des inconvénients de la divagation des animaux. La proposition faite par certains éleveurs consistant à demander un appui pour les éleveurs en produits vétérinaires et intrant zootechniques notamment les antiparasitaires est très pertinente pour la suite de cette étude. Car les parasites ont causé et continuent de causer d'énormes dégâts aux seins des troupeaux de cette zone. S'agissant des réponses des éleveurs consistant à proposer l'encouragement des éleveurs détenant encore le mouton Koundoum, elles vont dans le sens de l'affirmation d'Ilse, 2001 [1] qui rapporte que la diversité génétique des ressources animales ne peut être

préservée que grâce à la valorisation et l'exploitation de ces animaux. C'est pour cette raison que la sauvegarde de ces ressources requiert nécessairement le soutien actif des exploitants qui possèdent et utilisent ces animaux. Ainsi, selon la FAO 2009 [11], l'accès à des services appropriés de santé animale et de vulgarisation, ainsi qu'aux marchés, le paiement de services agro-écosystémiques et des politiques favorables sont d'autres moyens d'encourager et de permettre aux éleveurs de continuer à élever leurs races. En tant que propriétaires et détenteurs de races de valeur, les petits exploitants et les pasteurs devraient être associés à la prise de décisions concernant la recherche, le développement et les mesures de conservation ayant une incidence sur leurs races et leurs environnements de production.

En fin, la création d'un centre de multiplication du mouton Koundoum fut proposée par certains éleveurs. Ainsi, dans le cadre de la mise en œuvre du programme de conservation du mouton Koundoum la création d'un tel centre contribuera notablement à sa réussite et servira en même temps d'élevage naisseur pourvoyeur de reproducteur pour les élevages ovins de la zone d'étude. Mais contrairement à cette logique, Ilse, 2001 [1] affirme que le transfert de populations d'animaux domestiques dans le milieu contrôlé de fermes étatiques constitue un danger dans la mesure où leur faculté d'adaptation risque de s'éroder graduellement. Comme les races locales sont les produits de leurs environnements écologiques et culturels spécifiques, et on modifierait leur constitution et leur intégrité génétiques si on les retirait de leurs milieux d'origine. Ces deux dernières propositions sont assimilables aux deux types de conservations *in vivo*. On distingue d'une part la proposition demandant le soutien aux éleveurs qui détiennent encore le mouton Koundoum qui correspond à la conservation *in situ in vivo* et d'autre part la création d'un centre de multiplication du mouton Koundoum qui correspond à la conservation *ex situ in vivo*.

## **5 CONCLUSION**

L'étude révèle que la principale cause de la régression de l'effectif du mouton Koundoum est le croisement avec les races plus productrices en viande avec pour conséquences principales la perte de richesse selon les éleveurs. Cette situation trouve son fondement dans le fait que le critère principal de choix des animaux par les éleveurs est l'aptitude à la production de viande. Ces résultats soulèvent également le débat sur le dilemme entre développement économique et conservation de la biodiversité. En somme les réponses des éleveurs renvoient à deux phénomènes distincts à savoir la substitution entre races et la diminution de l'effectif ovin total dans la zone. Les deux phénomènes appellent des stratégies de conservation différentes, *in situ* et *ex situ* qui devraient être intégrées dans un programme global impliquant éleveurs, scientifiques et autorités politiques. In fine ces résultats sont susceptibles de constituer une base pour la valorisation de ce savoir local en vue de raisonner les actions et interventions à entreprendre dans le cadre du programme de conservation du mouton Koundoum.

## **REFERENCES**

- [1] Ilse K-R. Gestion à base communautaire de la diversité zoogénétique. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Eschborn, Germany, 2001.
- [2] CBD (Convention sur la Diversité Biologique). Le Protocole de Nagoya sur l'accès et le partage des avantages. 2010. URL: [www.cbd.int/abs/](http://www.cbd.int/abs/). Consulté le 30/09/2015.
- [3] Rhissa Z. Revue du secteur de l'élevage au Niger (Rapport provisoire réalisé par FAO/SFW).2010, 115p.
- [4] Hamadou, I., Moula, N., Siddo, S., Marichatou, H., Issa, M., Leroy, P., Antoine-Moussiaux, N. The Koundoum sheep breed in Niger: morpho-biometric study and description of the production system. J. Agr. Rural. Develop.Trop. Subtrop., 2015, 116, 49–58.
- [5] CPM (Cabinet du premier Ministre). Quatrieme rapport national sur la Diversité Biologique. Niamey; 2009.
- [6] Sterling E-J, Gomez A and Porzecanski A-L. A systemic view of biodiversity and its conservation: Processes, interrelationships, and human culture. Bioessays 32: 1090–1098, 2010.
- [7] Gonneville.G., Sarniguet.J.Guidé d'évaluation économique des projets d'élevage. Presses Servant-Crouzet: Montrouge, 1986,113p.
- [8] Seybou Y., Kodako Y Etude sur l'approfondissement du diagnostic et l'analyse des systemes de production agro-sylvopastoraux dans le cadre de la mise en oeuvre de la strategie de developpement rural.2004 Rapport d'étude. 75 p.
- [9] R Development Core Team R: A Language and Environment for Statistical Computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2015.
- [10] UNESCO. 2013. Stratégie opérationnelle pour la jeunesse (2014-2021). Document d'information. Conférence générale. 37eme session Paris 2013.
- [11] FAO. 2009. Livestock keepers – guardians of biodiversity. Animal Production and Health Paper. No. 167. Rome.
- [12] Richard D., Humbert F., Douma A. Essais d'alimentation de moutons au Niger. Maisons-Alfort., 1985. 142 p.

- [13] Mandonnet N, Alexandre G, Naves M, Asselin de Beauville S. Sauvegarde et sélection de la population caprine Créole en Guadeloupe. *Renc. Rech. Ruminants*, 2006, 13.
- [14] Sechi T., Usai M.G., Casu S., Carta A. Genetic diversity of Sardinian goat population based on microsatellites. *Ital. J. Anim. Sci.*, 2005, 4, 58-60.
- [15] Wilson R.T. Small ruminant production and the small ruminant genetic resource in tropical Africa. *FAO Animal Production and Health paper* 88.1991.
- [16] Bloch N., Diallo I. Enquête sérologique chez les petits ruminants dans quatre départements du Niger. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 1991, 44: 4, 397-404.
- [17] Faye B, Lhoste P. Le Conseil en élevage en milieu tropical. *Renc. Rech. Ruminants*, 1999, 6.
- [18] Charray D., Couloumb J., Haumesser, J. B., Planchenault D. Les petits ruminants d'Afrique centrale et d'Afrique de l'ouest synthèse des connaissances actuelles. *IEVMT, Maisons-Alfort.*, 1980, 295 p.
- [19] Notter D.R. The importance of genetic diversity in livestock populations of the future. *J Anim Sci* 1999., 77, 61-69.
- [20] Roessler R., Drucker A.G., Scarpa R., Markemann A., Lemke U., Thuy L.T., Zárate A.V. Using choice experiments to assess smallholder farmers' preferences for 143 pig breeding traits in different production systems in North-West Vietnam. *Ecol. Econ.*, 2008, 66, 184-192.
- [21] Hamadou, I., Moula, N., Siddo, S., Issa, M., Marichatou, H., Leroy, P., and Antoine-Moussiaux, N.: Valuing breeders' preferences in the conservation of the Koundoum sheep in Niger by multi-attribute analysis. *Arch. Anim. Breed.*, 62, 537-545, 2019.
- [22] Wollny C.B.A.: The need to conserve farm animal genetic resources in Africa: should policy makers be concerned? *Ecol. Econ.*, 2003, 45, 341-351.
- [23] Wiener G, Rouvier R. L'amélioration génétique Animale. Quæ, CTA, Presses agronomiques de Gembloux 2009.
- [24] Bonfils M. & Dellere R., 1987. Halte à la désertification au Sahel: guide méthodologique. Paris, Karthala, 263 p.
- [25] Kamuanga M.J.B, Somda J, Sanon Y, Kagoné H. Élevage et marché régional au Sahel et en Afrique de l'Ouest: Potentialités et défis. *CSAO-OCDE / CEDEAO*, 2008.
- [26] Molenat G, Corniaux C, Gueguen S, Lacz C, Bocquier F. Adapter les systèmes d'alimentation pendant la saison sèche pour les zébus laitiers sédentarisés en zone rizicole du Nord – Sénégal. *Renc. Rech. Ruminants*, 2003, 10.
- [27] Verdier J, Millo J-L. Maintenance des périmètres irrigués. *Collection Techniques rurales en Afrique. Ministère de la coopération et du développement*, 1992 - 323 pages.
- [28] Gatenby R.M. Le mouton. Tome 1. Maisonneuve et Larose, Paris. 1991.
- [29] Youssao A.K.I, Assogba M.N. Prévalence de la fasciolose bovine dans la vallée du fleuve Niger au Bénin. *Revue Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 2002, 55 (2): 105-108.
- [30] Guingouain C-H. L'élevage des petits ruminants en milieu paysan dans les régions de la kara et des savanes au Togo: diagnostic technico-économique. Thèse de doctorat vétérinaire. 2017, Maisons-Alfort, France, 207 p.
- [31] Ancey V, Ickowicz A, Manoli C, Magnani S. Liens entre troupeaux et familles chez les Peuls du Ferlo: indicateurs socioéconomiques des mutations de l'élevage pastoral. *Renc. Rech. Ruminants*, 2007, 14.
- [32] Rege J. E. O., Gibson J. P. Animal genetic resources and economic development: issues in relation to economic valuation. *Ecol. Econ.*, 2003, 45, 319-330.
- [33] FAO (2007) Global plan of action for animal genetic resources and the interlaken declaration. Commission on genetic resources for food and agriculture food and agriculture organization of the united nations Rome.
- [34] Naves M, Alexandre G, Leimbacher F, Mandonnet N, Menendez-Buxadera A. 2001. Les ruminants domestiques de la Caraïbe: Le point sur les ressources génétiques et leur exploitation. *INRA Prod. Anim.*, 2001, 14 (3), 181-192.
- [35] Hamadou, I., Moula, N., Siddo, S., Issa, M., Marichatou, H., Leroy, P., and Antoine-Moussiaux, N.: Mapping stakeholder viewpoints in biodiversity management: an application in Niger using Q methodology, *Biodivers. Conserv.*, 25, 1973-1986, <https://doi.org/10.1007/s10531-016-1175-x>, 2016.
- [36] Mamadou I, Gautier E, Bouzou M, Descroix L, LE Breton, Brunstein D, Faran M O, Moussa N, Quantin G, Koné A, Seyni S, Amadou I, Allassane H. Manifestations et ampleur du phénomène d'ensablement dans la vallée du fleuve Niger: région de Niamey. colloque international en évaluation environnementale niamey, république du niger - 26 au 29 mai 2009.
- [37] Diao B.M., Fall A.A., Sall C., Diaw O.T. (2006). Influence de la complémentation alimentaire et du déparasitage interne sur le développement économique de la production laitière des vaches Gobra en zone sahélienne du Sénégal. *Tropicultura*. 24 (1): 51-7.
- [38] Landais É. Sur les doctrines des vétérinaires coloniaux français en Afrique noire. *Cah. Sci. Hum.*, 1990, 26 (1-2), 33-71.

## Etude de la relation entre l'exposition à la pollution atmosphérique liée au trafic routier et l'incidence des pathologies respiratoires au niveau de la ville de Meknès, Maroc

### [ Study of the relationship between exposure to road traffic-related air pollution and the incidence of respiratory pathologies in the city of Meknes, Morocco ]

*Ibrahim El Ghazi<sup>1</sup>, Imane Berni<sup>1</sup>, Aziza Menouni<sup>1</sup>, Mohammed Amane<sup>1</sup>, Marie-Paule Kestemont<sup>2</sup>, and Samir El Jaafari<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Cluster des Compétence «Environnement & santé», Université Moulay Ismail, Meknès, Morocco

<sup>2</sup>Université Catholique de Louvain la neuve, Belgium

---

Copyright © 2020 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** For the monitoring of spatio-temporal variations of the nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) content, passive diffusive samplers have been deployed in 14 near-road and residential sites for 14 days to measure NO<sub>2</sub>. In parallel with the winter campaign to measure this tracer, road traffic counting sessions were carried out on the city's main roads.

The coupling of the results of the measurement campaigns and the counting sessions under Arcgis 9.3 made it possible to determine the areas most affected by automobile pollution and to carry out a high spatial resolution mapping of the pollutant prospected.

The results of this study show that atmospheric NO<sub>2</sub> concentrations reach maximum values in the city center and decrease towards its periphery.

The analysis of the epidemiological situation of the principal diseases related to air pollution in the city of Meknes during the study period (2010-2014) showed that among subjects aged 5 years and older, acute respiratory diseases occurred more in women and that the age group most affected was between 15 and 49 years, while asthma attacks were noted mainly among women aged 50 years and older. Acute respiratory illness and asthma attacks were more prevalent in the winter and fall. Among children under 5 years of age, the age group most affected by pneumonia was under 11 months of age.

The use of spatialized GIS-based health indicators of these diseases, as well as the location of stationary and mobile sources of air pollution and measured NO<sub>2</sub> levels, has made it possible to detect that residents in areas with heavy road traffic are likely to be more affected than those near areas of industrial activity. The type of habitat also contributes significantly to the development and exacerbation of the pathologies studied, especially in the districts of the old Medina.

**KEYWORDS:** Air pollution, respiratory pathologies, NO<sub>2</sub>, mapping, GIS, Meknes.

**RESUME:** Pour la surveillance des teneurs du dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), des tubes à diffusion passive ont été déployés dans 14 sites de proximité automobile et de fond pour une durée de 14 jours. Parallèlement à la campagne hivernale de mesure de ce traceur, des sessions de comptage du trafic routier ont été réalisées au niveau des principaux axes routiers de la ville.

Le couplage des résultats des campagnes de mesures et des séances de comptage sous Arcgis 9.3 a permis de déterminer les zones les plus affectées par la pollution automobile et de réaliser ainsi une cartographie à haute résolution spatiale du polluant prospecté. Les résultats de cette étude montrent que les concentrations atmosphériques en NO<sub>2</sub> atteignent des valeurs maximales dans le centre-ville et décroissent vers sa périphérie.

L'analyse de la situation épidémiologique des principales maladies liées à la pollution atmosphérique dans la ville de Meknès durant la période d'étude (2010-2014) a montré que chez les sujets âgés de 5 ans et plus, les affections respiratoires aiguës survenaient plus chez les femmes et que la tranche d'âge la plus touchée a été celle allant de 15 à 49 ans, tandis que les crises d'asthme ont été notées surtout chez les femmes âgées de 50 ans et plus. Les affections respiratoires aiguës et les crises d'asthme ont été plus répandues en

hiver et en automne. Chez les enfants âgés de moins de 5 ans, la tranche d'âge la plus touchée par la pneumonie était celle des moins de 11 mois.

L'exploitation des indicateurs sanitaires spatialisés sous système d'information géographique (SIG) de ces maladies, ainsi que la localisation des sources fixes et mobiles de la pollution de l'air et les teneurs mesurées en NO<sub>2</sub>, a permis de déceler que les résidents dans des zones de fort trafic routier sont susceptibles d'être plus touchés que ceux avoisinant les zones d'activités industrielles. Le type d'habitat contribue également, d'une manière significative, au développement et à l'exacerbation des pathologies étudiées surtout au niveau des quartiers de l'ancienne Médina.

**MOTS-CLEFS:** Pollution atmosphérique, pathologies respiratoires, NO<sub>2</sub>, cartographie, SIG, Meknès.

## 1 INTRODUCTION

La problématique de la pollution de l'air touche aussi bien les pays riches que ceux en voie de développement avec des degrés différents. D'après l'OMS, 9 personnes sur 10 respirent de l'air de qualité médiocre [1], 5,5 millions de décès prématurés dans le monde sont imputables à la pollution atmosphérique qui représente le quatrième facteur de risque mortel dans le monde.

La détérioration de la qualité de l'air, se répercute sur la santé humaine en augmentant l'incidence des pathologies respiratoires et cardiovasculaires [2], [3], [4], des décès prématurés [5] et de cancer [6], [7]. Les pathologies respiratoires représentent l'une des causes majeures de morbidité et de mortalité [8]. Un milliard de personnes souffrent de maladies respiratoires chroniques dont 300 millions d'asthme et plus de 210 millions de la bronchopneumopathie obstructive chronique [9].

A l'instar de la majeure partie des pays du monde, le Maroc n'est pas épargné de la pollution atmosphérique [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20].

Au Maroc, les études Casa-Airpol, Mohammedia-Airpol, ainsi que l'étude d'impact de la pollution atmosphérique sur les habitants de la ville de Safi ont montré l'existence d'un lien étroit entre la pollution de l'air et les effets sur la santé [21], [22], [23].

Au niveau de la ville de Meknès les liens entre la pollution atmosphérique et la santé ne sont pas suffisamment évalués, malgré que les concentrations de certains traceurs dépassent les valeurs limites fixées par l'OMS [14], [20]. De ce fait, la présente étude vise à évaluer le profil épidémiologique et spatial des consultations pour affections respiratoires associées à l'exposition au NO<sub>2</sub>, qui est un traceur de la pollution de proximité automobile au niveau de la ville de Meknès.

## 2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 2.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Le suivi des variations spatio-temporelles des niveaux du NO<sub>2</sub> et des consultations pour pathologies respiratoires a été mené dans la ville de Meknès (33°53'N, 5°33'W), localisée au Nord-Ouest du Maroc à une altitude de 564 m (**Fig.1**).



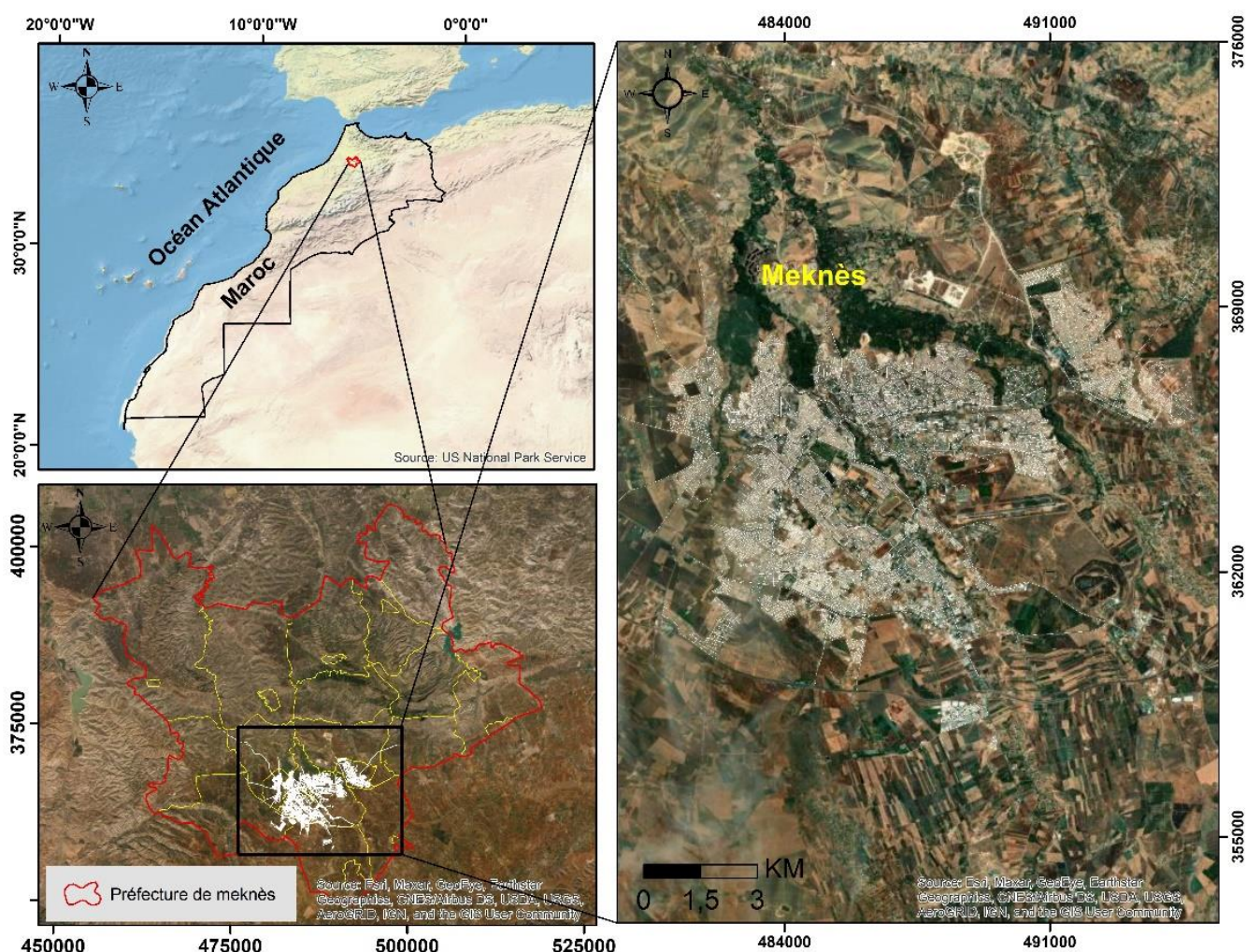
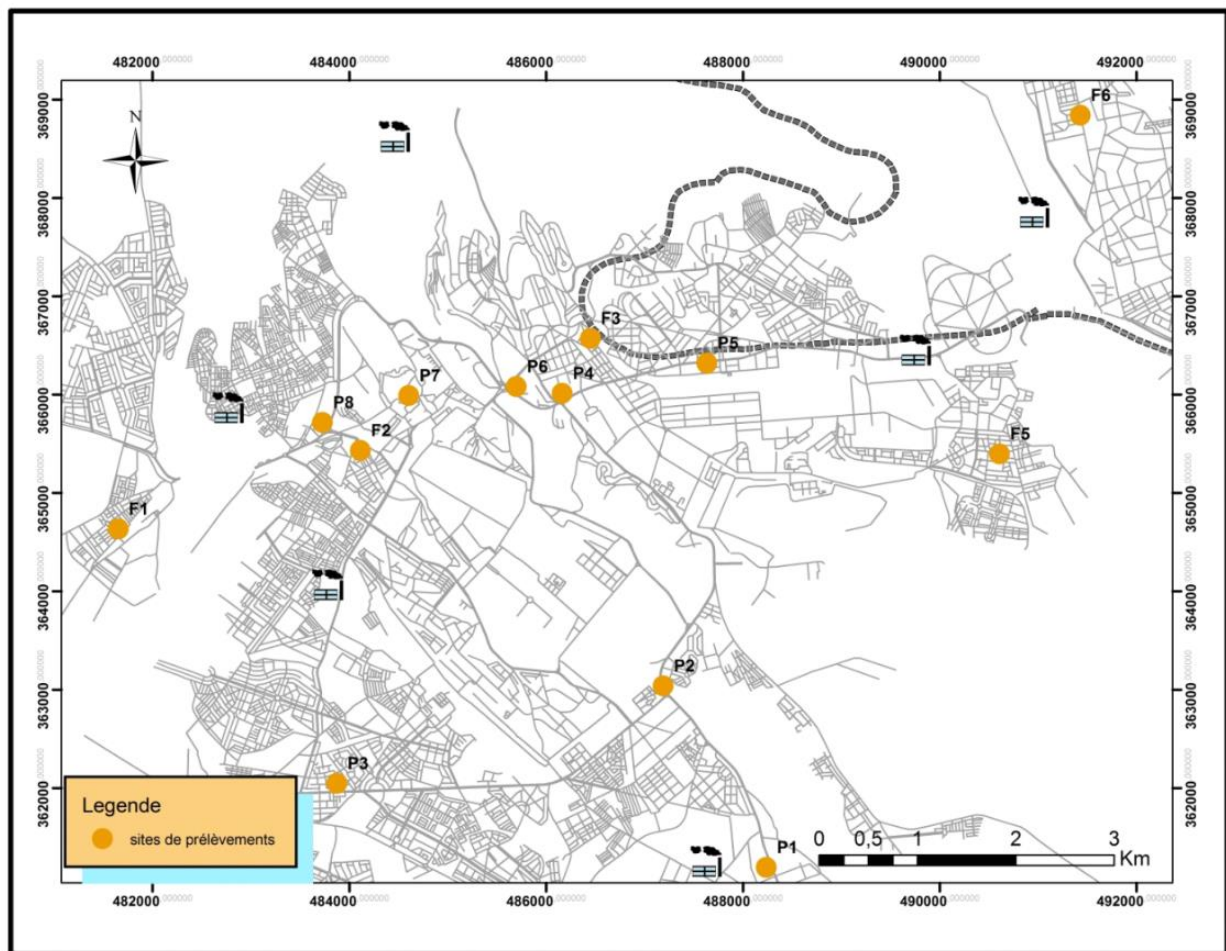


Fig. 1. Localisation de la ville de Meknès

Le régime climatique est de type méditerranéen, marqué par un hiver humide et froid et un été sec et chaud. De par sa position géographique, la ville représente un nœud de communication entre les plaines atlantiques, les collines pré-riifaines, le Moyen Atlas et les hauts plateaux de l'Oriental. Avec une population d'environ 632 079 habitants en 2014, Meknès est placée parmi les six grandes villes du Royaume. Cette ville est sujette à une pollution atmosphérique liée au trafic routier, aux zones d'activités industrielles ainsi qu'au secteur de l'artisanat [24].

## 2.2 ÉCHANTILLONNAGE DE NO<sub>2</sub>

Pour le monitoring des teneurs en NO<sub>2</sub>, des tubes à diffusion passive, de type Palmes ont été déployés au niveau de 14 sites de prélèvements, répartis en sites de proximité automobiles (P) et ceux de fond (F) (Fig. 2 et Tableau I). Les deux campagnes de mesures en été menées en été (du 14/07/2014 au 28/07/2014) et en hiver (du 25/12/2014 au 12/01/2015).



**Fig. 2.** Localisation des sites de prélèvement

**Tableau 1.** Répartition des sites de prélèvements par type et par localisation

| Points | Lieu                                                                                | Typologie |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| P1     | Point d'intersection entre la route nationale n°13 et la route nationale n°6        | trafic    |
| P2     | Point d'intersection de l'avenue Bir Anzarane et du boulevard Zitoune               | trafic    |
| P3     | Avenue Zitoune (district de Marjane)                                                | trafic    |
| P4     | Point d'intersection de l'avenue Bir Anzarane et l'avenue des forces armées royales | trafic    |
| P5     | Avenue des forces armées royales (FAR) près de la grande gare                       | trafic    |
| P6     | Point d'intersection de l'avenue Mohammed VI et l'avenue des forces armées royales  | trafic    |
| P7     | Rue Dar Smane, point de jointure de l'ancienne Médina à la ville nouvelle           | trafic    |
| P8     | La gare routière de la ville de Meknès                                              | trafic    |
| F1     | Commune de Toulal                                                                   | Fond      |
| F2     | Quartier de Riad                                                                    | Fond      |
| F3     | Ville nouvelle (gare d'el Amir Abdelkader)                                          | Fond      |
| F4     | Quartier de l'Hacienda                                                              | Fond      |
| F5     | Quartier d'El Bassatine                                                             | Fond      |
| F6     | Commune d'Ouisslane                                                                 | Fond      |



Après deux semaines d'exposition, les tubes Palmes sont relevés et le NO<sub>2</sub> piégé dans les grilles a été quantifié par un dosage colorimétrique des ions nitrites suivi d'une analyse spectrophotométrique selon la norme NBN EN 16339 [25]. La cartographie des concentrations de NO<sub>2</sub> a été réalisée par interpolation spatiale selon la méthode de pondération de type inverse distance (IDW).

### 2.3 COMPTAGE DU TRAFIC ROUTIER

En parallèle avec la campagne de mesure hivernale du NO<sub>2</sub>, des sessions de comptage du trafic routier ont été menées durant le mois de janvier 2015 dans les principaux axes routiers de la zone prospectée. Le comptage a été effectué par des opérateurs équipés de cliquers manuels.

Pour le suivi des variations intra-journalières, les opérations de comptage ont été focalisées surtout sur les heures de pointe: matin (7h 30/9h 30), midi (11h30/14h30) et soir (17h30 /19h30). Pour étudier les variations inter-journalières et les fluctuations du trafic routier au cours des journées ouvrables et fermées, une semaine de comptage par site était nécessaire. Douze sites du trafic ont été sélectionnés et le choix de leurs emplacements a été dicté par la nature du tronçon routier et l'emplacement des échantillonneurs passifs (Fig. 3). Le trafic routier moyen est exprimé en véhicules par jour (v/j)

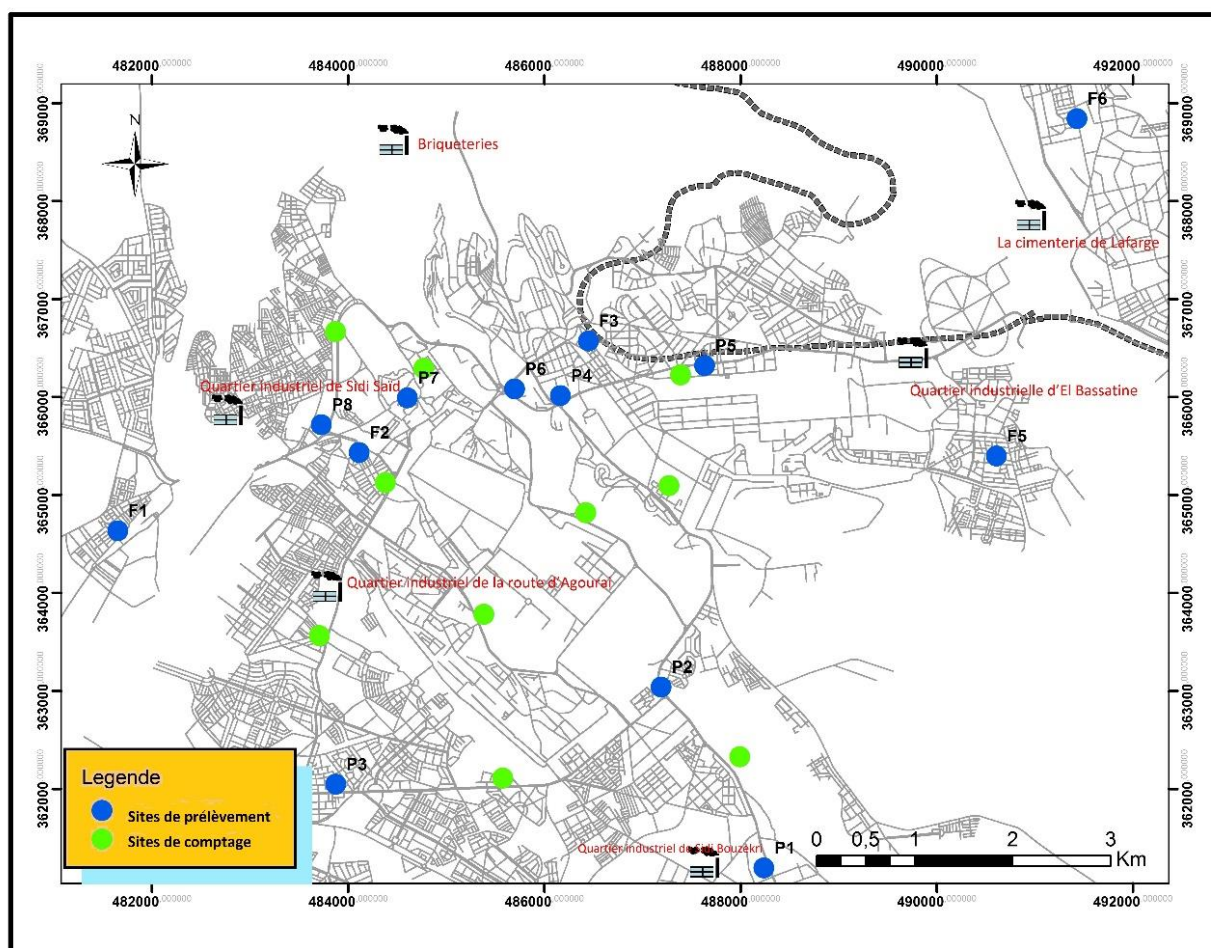


Fig. 3. Localisation des sites de comptage

### 2.4 ETUDE DU PROFIL ÉPIDÉMIOLOGIQUE DES PATHOLOGIES RESPIRATOIRES

Il s'agit d'une étude rétrospective et descriptive étudiant l'incidence des pathologies respiratoires au niveau des centres de santé de la ville de Meknès (Fig. 4) sur une période de 5 années (2010-2014). Les données sanitaires sont obtenues auprès de la cellule préfectorale d'épidémiologie de la préfecture de Meknès qui centralise les rapports trimestriels acheminés des différentes structures

sanitaires urbaines. Les informations exploitées sont: l'âge, le sexe, le centre de santé de rattachement et le trimestre de déclaration. Ces données ont été saisies et analysées par Microsoft Excel 2010.

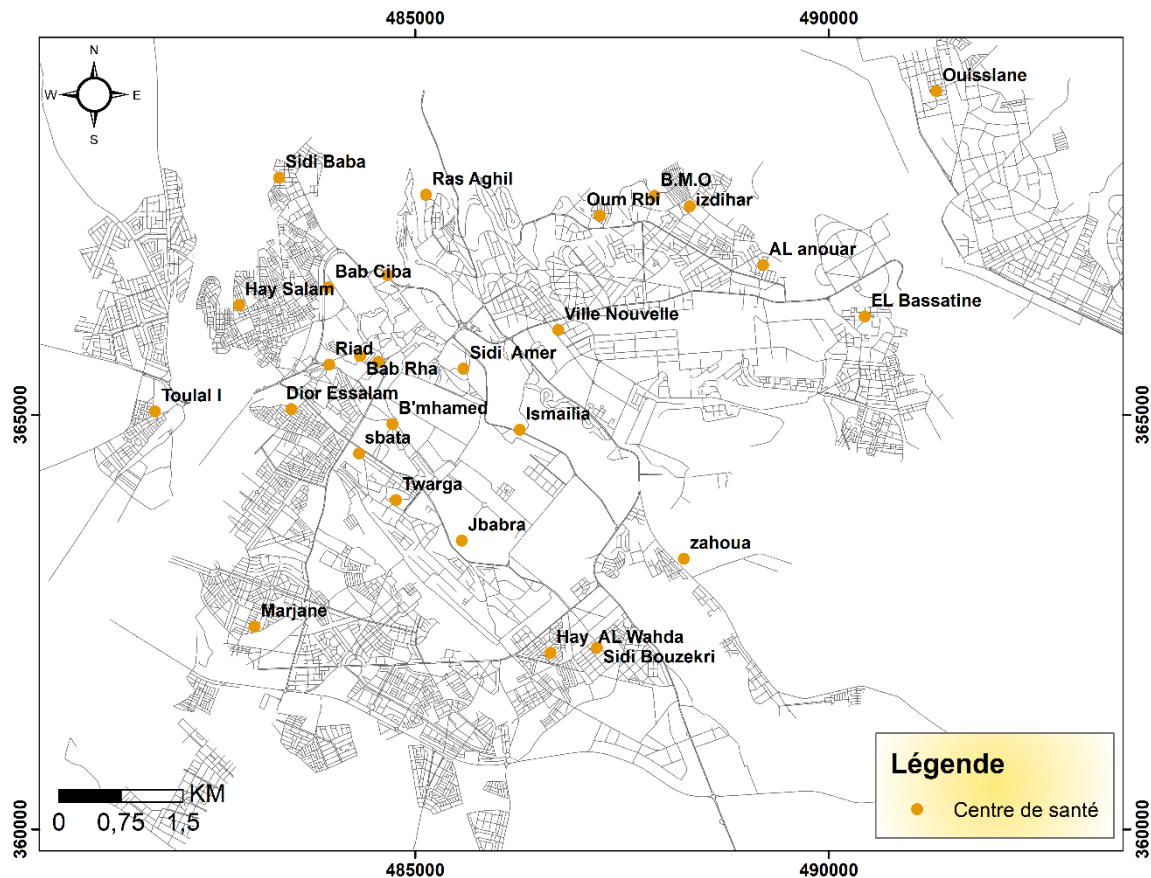


Fig. 4. Localisation des structures sanitaires de la ville de Meknès

### 3 RÉSULTATS

#### 3.1 ETUDE DES TENEURS DE NO<sub>2</sub>

La concentration moyenne du NO<sub>2</sub> mesurée durant la campagne estivale (33.09 µg/m<sup>3</sup>) est très proche de celle notifiée en hiver (33.20 µg/m<sup>3</sup>).

La concentration moyenne du NO<sub>2</sub> mesurée au niveau des sites de proximité automobiles est égale à 41,89 µg/m<sup>3</sup> et celle des sites de fond est de 20,63 µg/m<sup>3</sup>.

Les teneurs atmosphériques en NO<sub>2</sub> atteignent des valeurs maximales au centre-ville et tendent à décroître vers sa périphérie.

Les plus fortes concentrations moyennes correspondent à des sites de proximité automobile du centre-ville: Rue Dar Smane (59,41 µg/m<sup>3</sup>), intersection de l'avenue des FAR et de l'avenue Bir Anzarane (58,38 µg/m<sup>3</sup>), intersection de l'avenue Bir Anzarane et du boulevard Zitoune (45,57 µg/m<sup>3</sup>) et croisement de l'avenue Mohammed VI et des FAR (45,49 µg/m<sup>3</sup>).

Les sites de prélèvement implantés à proximité des zones industrielles (Sidi Bouzekri, Ouisslane, Route d'Agourai, Sidi Saïd et El Bassatine) présentent de très faibles niveaux du traceur prospecté (Fig. 5).

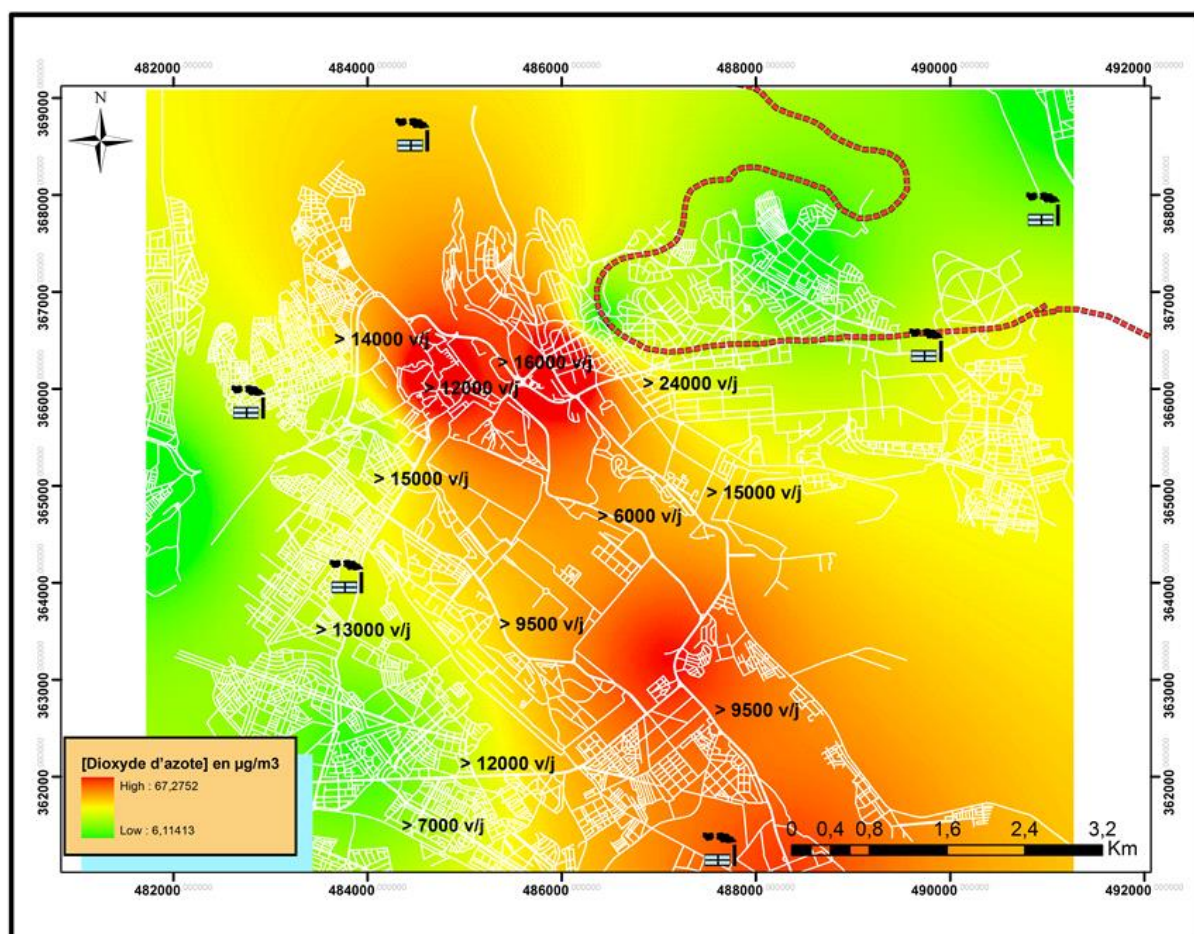


Fig. 5. Variations spatiales des teneurs du NO<sub>2</sub> en fonction du trafic routier moyen

En hiver, la dispersion du NO<sub>2</sub> est localisée près des sources émettrices. Lors de la campagne estivale, la dispersion de NO<sub>2</sub> est caractérisée par une forme en plume étalée vers le sud-est de la ville.

### 3.2 ETUDE DU PROFIL ÉPIDÉMIOLOGIQUE DES PATHOLOGIES RESPIRATOIRES CHEZ LES SUJETS ÂGÉS DE 5 ANS ET PLUS

L'analyse de la répartition des consultations pour affections respiratoires aiguës et pour crise d'asthme selon le sexe montre que pour les deux indicateurs sanitaires, les femmes ont été légèrement plus touchées que les hommes, avec respectivement, 53,23 % versus 46,77 % et 52,51 % versus 47,49 % (Tableau II) avec des sex-ratios de 1,13 et de 1,10.

Tableau 2. Motifs de consultation chez les sujets âgés de 5 ans et plus selon le sexe

| Consultations respiratoires | Masculin  |          | Féminin   |          |
|-----------------------------|-----------|----------|-----------|----------|
|                             | Effectifs | Taux (%) | Effectifs | Taux (%) |
| Affections aiguës           | 56019     | 46,77    | 63769     | 53,23    |
| Crise d'asthme              | 3996      | 47,49    | 4418      | 52,51    |

L'analyse des résultats consignés dans le tableau II montre que les affections respiratoires aiguës ont été plus fréquentes chez la tranche d'âge de 15-49, avec 36,54 % et la tranche d'âge la moins touchée était celle de 50 ans et plus avec 28,02 %. Pour les crises d'asthme, 47,16 % des consultants appartiennent à la tranche de 50 ans et plus suivie de celle de 15-49 ans, avec 42,50 % (Tableau III).

**Tableau 3.** *Motifs de consultation chez les sujets âgés de 5 ans et plus selon la tranche d'âge*

| Consultations respiratoires | [5-14 ans] |          | [15-49ans] |          | 50 ans et plus |          |
|-----------------------------|------------|----------|------------|----------|----------------|----------|
|                             | Effectifs  | Taux (%) | Effectifs  | Taux (%) | Effectifs      | Taux (%) |
| <b>Affections aiguës</b>    | 42435      | 35,42    | 43780      | 36,55    | 33573          | 28,02    |
| <b>Crise d'asthme</b>       | 870        | 10,34    | 3576       | 42,50    | 3968           | 47,16    |

L'analyse de la répartition trimestrielle des consultations pour affections respiratoires aiguës et pour crise d'asthme montre que les affections respiratoires aiguës et les crises d'asthme ont été plus répandues en hiver et en automne (**Tableau IV**).

**Tableau 4.** *Motifs de consultation chez les sujets âgés de 5 ans et plus selon la saison*

| Consultations respiratoires | Hiver   | Printemps | Eté     | Automne |
|-----------------------------|---------|-----------|---------|---------|
| <b>Affections aiguës</b>    | 29,56 % | 24,62 %   | 21,13 % | 24,67 % |
| <b>Crise d'asthme</b>       | 29,44 % | 22,98 %   | 19,95 % | 27,62 % |

Si la répartition des consultations respiratoires est variable dans le temps, elle est aussi dans l'espace. En effet, durant la période d'étude (2010-2014), 119665 nouvelles consultations pour affections respiratoires aiguës ont été notifiées au niveau des centres de santé de la ville de Meknès. Si nous considérons le nombre de consultations signalées, les centres de santé qui ont enregistré le plus de cas sont: Bni M'Hamed (11850 consultations), Oum Rabiaie (11404), Marjane (9815), Sidi Amar (7877), Jbabra (7475) et Riad Al Kostani (6633). Alors que si nous rapportons le nombre de nouvelles consultations respiratoires par rapport à la population de chaque centre de santé nous trouvons que les centres de santé où les plus forts taux d'incidence annuels moyens ont été notés sont: Bni M'Hamed (1865 consultations pour 10000 habitants), Sidi Amar (1404), Oum Rabiaie (1269), Al Anouar (1190), Jbabra (874) et Riad Al Kostani (838).

Les plus forts taux d'incidence annuels moyens de consultations pour crise d'asthme ont été enregistrés au niveau de Riad Al Kostani (1394/100000), Al Anouar (788), Izdihar (792), El Bassatine (680), Ville Nouvelle (634) et Bab Belkari (591). Alors que les plus faibles taux ont été déclarés à Marjane (0 pour 100000 hab), Touargua (29), Ouislane (34), AL Wahda (49), Hay Salam (61) et Sidi Bouzekri (81) (**Fig.6**).

Les centres de santé avoisinant les quartiers industriels d'Ouislane (Saada, Ouislane et Al Boustane), Sidi Bouzekri (Sidi Bouzekri et Al Wahda) et d'El Bassatine présentent des faibles incidences (**Fig. 6 et 7**).



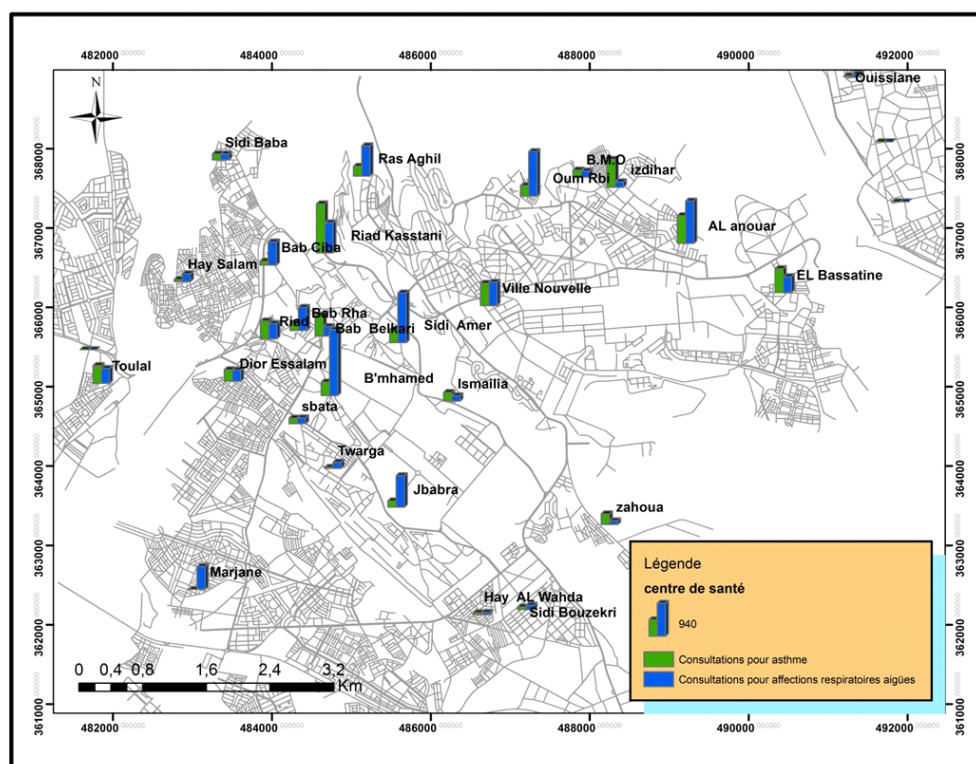


Fig. 6. Incidences annuelles moyennes des consultations respiratoires chez les sujets âgés de 5 ans et plus par centre de santé

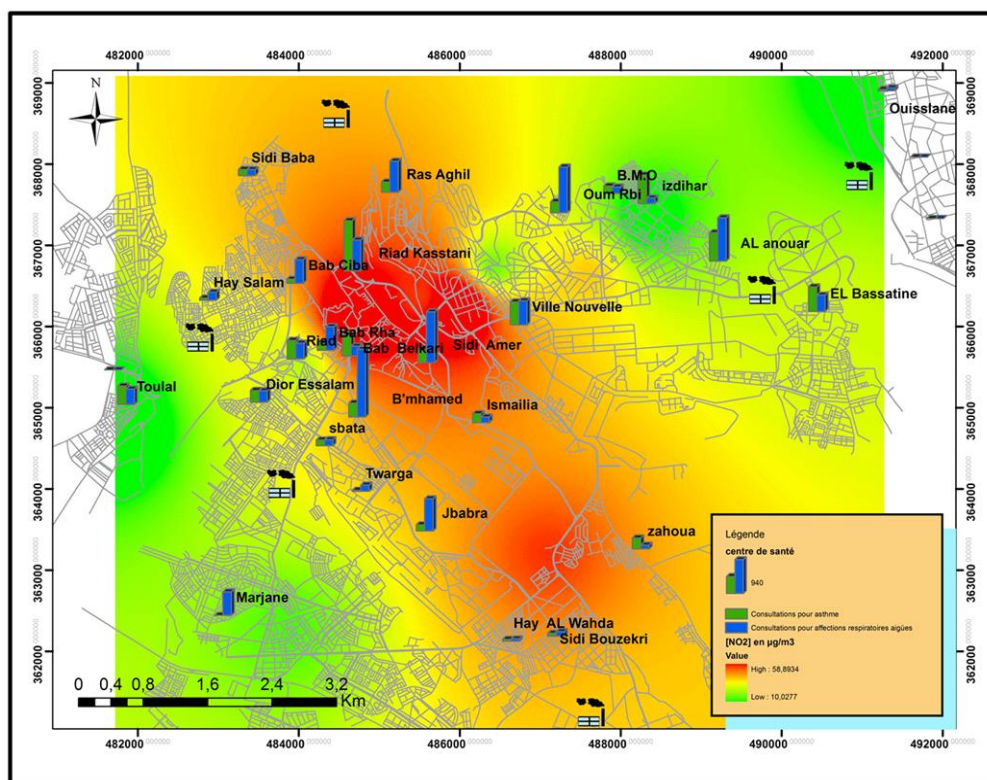


Fig. 7. Incidences annuelles moyennes des consultations chez les sujets âgés de plus de 5 ans par centre de santé superposées aux teneurs du NO<sub>2</sub>

### 3.3 ETUDE DU PROFIL ÉPIDÉMIOLOGIQUE DES PATHOLOGIES RESPIRATOIRES CHEZ LES ENFANTS ÂGÉS DE MOINS DE 5 ANS

A Meknès, 26070 cas de pneumonie ont été rapportés par le réseau de soins de base de la ville. L'analyse de la répartition des cas par âge, montre que la tranche d'âge la plus touchée était celle de 24-59 mois avec 37,74 %, suivie de celle de 12-23 mois qui représentait 31,57 % des cas recensés (**Tableau V**).

Les centres de santé de la ville de Meknès ont enregistré 1081 cas de pneumonie sévère chez les moins de cinq ans. L'analyse de la répartition des cas par âge a montré que 51,15 % des consultants avaient moins de 11 mois, 28,12 % moins de 23 mois alors que ceux ayant 2 ans et plus ne représentaient que 20,72 % (**Tableau V**).

**Tableau 5.** Répartition des pathologies respiratoires chez les moins de 5 ans selon l'âge

| Pathologies respiratoires | Tranche d'âge |            |            |
|---------------------------|---------------|------------|------------|
|                           | 0-11 mois     | 12-23 mois | 24-59 mois |
| Pneumonie sévère          | 51,15 %       | 28,12 %    | 20,72 %    |
| Pneumonie                 | 30,75 %       | 31,57 %    | 37,67 %    |

La pneumonie et la pneumonie sévère étaient plus fréquentes durant la période automne-hiver (**Tableau VI**).

**Tableau 6.** Répartition des pathologies respiratoires chez les moins de 5 ans selon l'âge

| Pathologies respiratoires | Hiver   | Printemps | Été     | Automne |
|---------------------------|---------|-----------|---------|---------|
| Pneumonie sévère          | 40,61 % | 22,29 %   | 10,82 % | 26,27 % |
| Pneumonie                 | 39,93 % | 20,45 %   | 13,11 % | 26,49 % |

Les plus fortes incidences de la pneumonie ont été enregistrées à: Riad, Izdihar et Bab Rha, alors que pour la pneumonie sévère les plus forts taux d'incidences ont été rapportés au niveau du Zahoua, Ras Aghil et Riad (Figure 9).

Les centres de santé situés près des sites d'activités industrielles ne présentent pas des fortes fréquences d'affections broncho-pulmonaires (**Figures 8 et 9**).

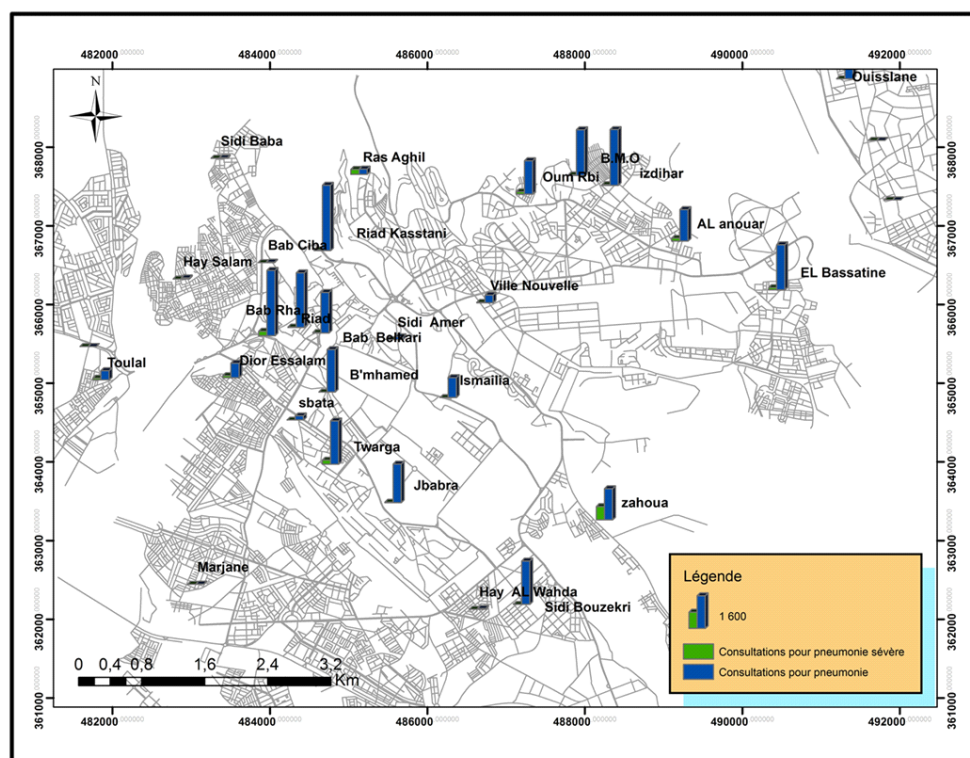


Fig. 8. Incidences annuelles moyennes des consultations pour infections respiratoires (pneumonie et pneumonie sévère) par centre de santé

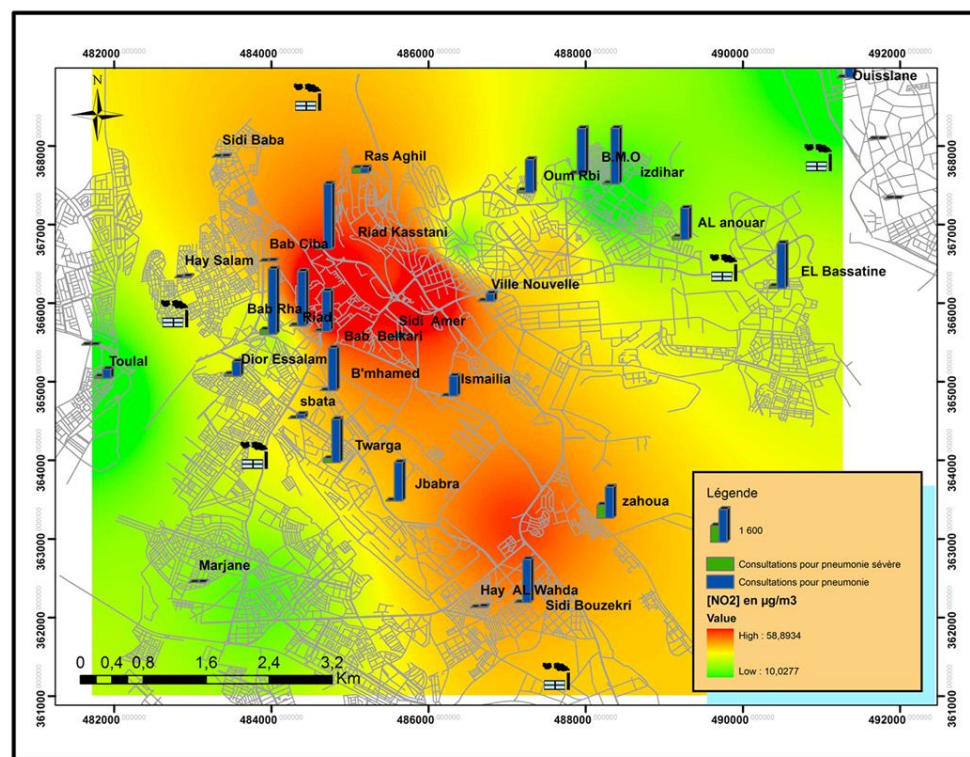


Fig. 9. Incidences annuelles moyennes des consultations pour infections respiratoires (pneumonie et pneumonie sévère) par centre de santé en fonction des concentrations de dioxyde d'azote

#### 4 DISCUSSIONS

L'analyse des résultats montre que pour les affections respiratoires aiguës, les femmes (53,23 %) étaient légèrement plus touchées que les hommes (46,76 %) avec un sex-ratio de 1,13. La tranche d'âge la plus touchée était celle allant de 15 à 49 ans, avec 36,11 % alors que la tranche d'âge la moins représentée était celle de 50 ans et plus, avec 29 %. Ces résultats ont été appuyés par ceux d'une étude menée au niveau de la ville de Meknès et portant sur 30 centres de santé [20]. L'étude menée par Boularab a montré que l'âge représente un facteur de risque chez les sujets âgés de 15-49 ans, notamment plus important chez les femmes (risque relatif (RR) qui varie de 2,48 à 2,82) que chez les hommes (RR varie de 1,71 à 2,20). La population âgée de 50 ans et plus présente des RR moins importants variant entre 1,07 et 1,26, indépendamment du sexe. L'âge est un facteur protecteur pour les enfants de 5 à 14 ans en présentant des RR significativement inférieurs au seuil de 1. Le sexe ratio (H/F) était généralement inférieur à 1.

Pour les consultations pour crise d'asthme, les femmes ont été légèrement plus affectées que les hommes avec 53,12 % versus 46,85 % pour un sex-ratio de 1,13. La tranche d'âge la plus représentée a été celle de 50 ans et plus, suivie de celle allant de 15 à 49 ans. A Meknès, Boularab [20] a montré que l'âge est un facteur de risque pour la population active de 15 ans et plus avec des RR variant de 1,7 à 4,08. Le risque d'avoir des crises d'asthme était plus élevé chez les femmes de 15 à 49 ans (RR fluctuant de 2,66 à 4,08). Les rapports H / F ont été significativement inférieurs à 1. Pour la tranche d'âge de 5 à 14 ans, l'âge était un facteur protecteur avec des RR qui variaient de 0,05 à 0,20.

Pour la pneumonie, la tranche d'âge la plus touchée a été celle de 24-59 mois, suivie de celle de 12-23 mois. Ce résultat contredit celui rapporté par Boularab qui a noté une diminution du risque relatif en avançant dans l'âge et les risques les plus élevés ont été enregistrés chez les enfants de moins de 11 mois (RR varie de 2,73 à 5,07) [20].

Cinquante-un virgule soixante-deux pour cent des cas de pneumonie sévère avaient moins de 11 mois, alors que ceux ayant 2 ans et plus ne représentaient que 21,22 % des cas. Ces résultats riment avec ceux rapportés par Boularab [20] qui a montré que l'âge est un facteur de risque pour les moins de 23 mois avec des RR variant de 1,64 à 1,9.

L'augmentation du nombre de consultations respiratoires durant la période Automne-Hiver, peut-être liée aux variations de la température. La baisse de la température favorise la propagation des germes responsables des infections respiratoires et d'autre part elle contribue au développement des moisissures et des acariens surtout dans les habitations qui sont mal aérées et qui souffrent d'un manque d'ensoleillement. Ces microorganismes libèrent des pneumallergènes très puissants (Spores, mycotoxines, composés organiques volatils et déjections), qui peuvent participer à la genèse de l'asthme chez les non asthmatiques et au développement des crises d'asthme chez les personnes asthmatiques [26]. La fermeture des fenêtres en hiver pour faire augmenter la température à l'intérieur des habitations induit une diminution de la ventilation des locaux et une accumulation des polluants, en plus dans les périodes froides l'augmentation des activités ménagères notamment de cuisine peut encore conduire à l'augmentation de la concentration des polluants intérieurs [27]. A ces deux facteurs s'ajoute, l'augmentation de l'activité des huileries du mois de septembre au mois de mars qui s'accompagne de la génération des quantités non négligeables de polluants atmosphériques qui peuvent participer activement à la survenue des crises d'asthme et des autres affections broncho-pulmonaires.

L'augmentation des crises d'asthme pendant le printemps en comparaison avec la période estivale peut être liée à l'inhalation du pollen des végétaux car cette saison est caractérisée par la floraison et la pollinisation des plantes supérieures.

Dans la zone d'étude, les plus fortes concentrations du NO<sub>2</sub> relevées correspondent à des sites de proximité automobile du centre-ville. En effet, ces axes routiers sont caractérisés par un trafic quotidien important, qui est à l'origine d'une grande partie des émissions de ce traceur de la pollution de proximité automobile [28], [29]. Pour les sites de prélèvement installés près des quartiers industriels de Sidi Bouzekri, route d'Agourai, Sidi Saïd, El Bassatine et de la cimenterie de Lafarge, les teneurs en NO<sub>2</sub> mesurées sont inférieures à la valeur limite admissible (40 µg/m<sup>3</sup>). Ces résultats concordent avec ceux des enquêtes réalisées par le Ministère de l'Environnement marocain, qui ont montré que le trafic routier est responsable de 75 % des émissions de NO<sub>2</sub> et que celles du secteur industriel n'excèdent pas 25 % [30]. Le taux des précipitations au cours de la campagne hivernale a conduit, probablement, à la diminution des teneurs du NO<sub>2</sub> dans l'air, vu sa solubilité dans l'eau qui induit sa décomposition en acide nitreux et nitrique [28]. Les fortes températures enregistrées durant la campagne de mesure estivale catalysent les réactions de formation de l'O<sub>3</sub> à partir du NO<sub>2</sub> [28]. En hiver, la dispersion du NO<sub>2</sub> est localisée près des sources émettrices due aux vents multidirectionnels, et ou à une couche d'inversion de température à quelques centaines de kilomètres du sol [20]. Lors de la campagne estivale, la dispersion de NO<sub>2</sub> est caractérisée par une forme en plume étalée vers le sud-est de la ville et influencée durant cette période d'un vent dominant d'intensité modérée provenant du nord-ouest, ce qui assure une dispersion maximale de ce traceur [20].

Les plus forts taux d'incidence de consultations pour affections respiratoires aiguës ont été enregistrés au niveau de Béni M'Hamed, Sidi Amar, Ain Choubik, Al Anouar, Jbabra et Riad Al Kostani. À Meknès, Boularab [20] a analysé le profil spatial des affections respiratoires aiguës à l'aide de la méthode de balayage spatial de Kulldorff. Cette technique a permis d'identifier huit



clusters à haut risque hautement significatif ( $p < 0,001$ ), répartis en trois zones. La première zone est située au Nord-ouest de la ville, et comprend 4 clusters centrés sur le secteur sanitaire de Ras Aghil, avec des risques relatifs évoluant au fil du temps de 2,3 en 2010 à 5,6 en 2012. La seconde est localisée au centre de la ville et comporte 3 clusters, dont deux sont centrés sur le secteur sanitaire d'Al Ismaïlia avec des risques relatifs d'environ 4,2 en 2013 et 4,7 en 2014; la troisième zone représente le secteur sanitaire d'Al Anouar qui a enregistré un risque relatif de 4,1 en 2012 [20].

Les centres de santé où les plus fortes incidences annuelles moyennes des consultations pour crise d'asthme ont été enregistrées sont: Riad Al Kostani, Al Anouar, Izdihar, El Bassatine, Ville Nouvelle et Bab Belkari. Boularab [20] a indiqué que les zones à haut risque pour la survenue des crises d'asthme sont situées au Nord et à l'Ouest de la ville de Meknès. La zone située à l'Ouest de la ville est composée de deux clusters autour du secteur sanitaire du Riad, avec des risques relatifs d'environ 4. La zone située au Nord de la ville est subdivisée en trois sous-régions. La première est formée de deux clusters qui sont centrés sur le secteur de la santé Ville Nouvelle, avec des risques relatifs de 7,7 et 9,6 respectivement, la deuxième sous-région est composée d'un cluster centré sur le secteur de la santé Borj Moulay Omar, avec un risque relatif de 6,4; quant à la dernière sous-région, elle comprend un cluster avec le risque relatif le plus faible d'environ 1,8 autour du secteur AL Anouar.

Pour la pneumonie sévère, les plus forts taux d'incidences ont été rapportés au niveau du Zahoua, Ras Aghil et Riad. Boularab [20] a révélé l'existence de 9 clusters à haut risque, répartis en trois zones. La première zone est formée de 5 clusters et située au Nord de la ville: deux clusters autour du secteur sanitaire ville nouvelle avec des RR variant entre 3,7 et 7,8, un cluster est centré sur le secteur sanitaire Ras Aghil avec un RR de 5,5 et un cluster autour du secteur sanitaire BMO avec un RR de 3,5. La deuxième zone est située au Sud-ouest de la ville et formée de trois clusters, dont deux sont centrés sur le secteur sanitaire Touargua avec des RR de 14,6 et 6,3 respectivement, et un cluster autour du secteur sanitaire Diour Salam avec des RR de 4,7 en 2011 et 9,5 en 2013. La dernière zone à haut risque située à l'Ouest de la ville et composée du secteur sanitaire quartier administratif avec un RR exceptionnel de 40,8 en 2012.

Les plus fortes incidences de la pneumonie étaient enregistrées à: Riad, Izdihar et Bab Rha. Boularab [20] a identifié 10 clusters spatiaux à haut risque, répartis en quatre zones. La première zone est localisée au Nord de la ville et formée de trois clusters: un cluster, avec un RR de 1,9, qui est centré sur le secteur sanitaire Al Anouar; un cluster autour du secteur sanitaire Izdihar avec un risque relatif de 2,3; et un cluster avec un RR de 3,2 est centré sur le secteur sanitaire El Bassatine. La deuxième zone à haut risque est située au Sud-ouest de la ville et comprend 3 clusters: deux clusters autour du secteur sanitaire Jbabra avec des RR de 2,6 et 3,1 respectivement; et un cluster centré sur le secteur sanitaire de Touargua avec un risque relatif de 2. La troisième zone est composée de 2 clusters, l'un est centré sur le secteur sanitaire Bab Rha avec un RR de 3,8 et l'autre est autour du secteur sanitaire Riad avec un RR de 4. La quatrième zone comporte 2 clusters centrés sur le secteur sanitaire Zahoua avec des RR de 3,1 et 3,7 respectivement.

Le lien entre l'exposition au  $\text{NO}_2$  et l'incidence des pathologies respiratoires a fait l'objet de plusieurs études épidémiologiques qui ont prouvé l'existence de corrélations très positives [31], [32], [33], [34].

A Meknès, les risques relativement élevés de la survenue des pathologies respiratoires observés au niveau des secteurs sanitaires de l'ancienne Médina (Bni M'Hamed, Sidi Amer, Riad Al Kostani, Bab Belkari et Riad) sont dus, probablement, à la fois aux émissions des moyens du transport et au type d'habitat. Ce secteur est caractérisé par un trafic dense, vu qu'il renferme la place Zine El Abidine qui est le point de convergence du réseau de bus et des transports en commun de la ville. L'avenue Mohammed VI, un lieu névralgique de la ville (15000 véhicules /jour), la gare routière et la rue Dar Smane qui a enregistré les plus fortes teneurs de  $\text{NO}_2$ . L'ensoleillement insuffisant, la mauvaise aération et la ventilation quasi-inexistante des habitations induisent l'augmentation du taux d'humidité relative intérieure et crée, par conséquent, des conditions favorables pour le développement et la prolifération d'un certain nombre de microorganismes dont les acariens et les moisissures [35], [36] qui produisent des pneumallergènes très puissants qui sont fortement impliqués dans l'exacerbation des pathologies respiratoires existant et le développement des affections respiratoires chez les personnes indemnes. L'accumulation des polluants issus des travaux ménagers (Pollution interne) dans les habitats mal aérés et qui souffre de problèmes de ventilation est, selon l'OMS, responsable du décès de 1,6 million de personnes chaque année soit un décès toutes les 20 secondes [37].

La conjugaison des effets des émissions des quartiers industriels, des moyens de transport et de l'agriculture urbaine plaide en faveur de l'augmentation des taux d'incidence observée au niveau des secteurs sanitaires d'Al Anouar, El Bassatine, Oum Rabiae et Izdihar. En effet, ces centres de santé sont localisés dans un carrefour près du quartier industriel Al Bassatine, de la cimenterie de Lafarge et de la route 718 emprunté par pas moins de 30000 véhicules par jour. A cela s'ajoutent les émissions du secteur agricole de la vallée d'Ouïslane.

Jbabra constitue l'une des artères principales les plus fréquentées de la ville de Meknès reliant l'ancienne Médina aux quartiers du Sud de la ville: Sidi Bouzekri, Al Wahda et Marjane. Cette localisation contribue, probablement, d'une manière significative à

l'augmentation des risques de la survenue des pathologies respiratoires suite à l'exposition au traceur de la pollution de proximité automobile.

Les faibles incidences des affections respiratoires signalées au niveau du centre de santé la Ville Nouvelle ne reflètent pas la réalité sur le terrain. En effet, les campagnes de mesure menées au cours de cette étude (NO<sub>2</sub>) ainsi que celles réalisées par Ait Bouh (SO<sub>2</sub>, particules fines et grossières) ont montré l'existence de teneurs relativement élevées par rapport aux autres sites prospectés de la ville. Ceci est dû d'une part à la densité importante du trafic routier, surtout au niveau de l'avenue des FAR, Bir Anzarane, Rond-point de McDonald's et d'El Manouni, et d'autre part des stations-service qui larguent d'une manière permanente des quantités non négligeables de composés organiques volatils. Ceci peut s'expliquer par: le niveau social des habitants, qui pousse un grand nombre d'entre eux à consulter des cabinets privés. Pour connaître l'incidence réelle des pathologies respiratoires, il importe d'inclure les données du secteur privé dans ce genre d'études, étant donné que ces maladies ne sont pas à déclaration obligatoire. De plus, un certain nombre d'études ont prouvé l'existence d'une corrélation très positive entre le niveau social et l'incidence de certaines maladies dues à l'exposition à la pollution atmosphérique [38], [39]. Une étude canadienne montre que, si le risque d'être affecté par la pollution atmosphérique des sujets à haut revenu et haut niveau d'exposition à la pollution atmosphérique est de 33 % supérieur à celui de la population générale du Canada, il est de 162 % supérieur pour les sujets à bas revenus. Même lorsque les sujets issus des milieux défavorisés sont soumis à de faibles teneurs de polluants, leur risque relatif d'être affecté par la pollution atmosphérique reste plus élevé que les sujets de milieux plus aisés exposés à des fortes teneurs de polluants atmosphériques (82 % contre 33 %) [40]. A Rome, Forastiere *et al* [41]. ont montré que les populations au niveau socio-économique élevé, résidentes du centre-ville, sont à la fois plus exposées à la pollution atmosphérique et moins atteintes des pathologies respiratoires que des populations de la périphérie, moins exposées mais aussi moins favorisées sur le plan socio-économique.

Les faibles taux d'incidence de la survenue des pathologies respiratoires associées aux faibles teneurs du polluant prospecté dans les trois centres de santé de la commune d'Ouisslane (Ouisslane, Saada et Al Boustane) peut-être dus aux consultations des cabinets privés, les visites aux urgences et l'achat des médicaments à vocation respiratoire directement des pharmacies sans avoir recours aux structures sanitaires compétentes.

Pour les centres de santé de Sidi Bouzekri et d'El Wahda malgré leur localisation près du quartier industriel de Sidi Bouzekri, ils présentent de faibles taux d'incidences des affections respiratoires. Ceci est peut-être attribué, au fait que la plupart des entreprises représentent des magasins de stockage et non des unités de production. A ceci s'ajoute, le transfert des sièges d'une grande partie des entreprises vers les nouveaux quartiers industriels de Sidi Slimane Moule Al Kifane et Mejjat.

## 5 CONCLUSION

L'évaluation de l'impact sanitaire a été basée sur l'étude du profil épidémiologique et spatial des indicateurs sanitaires, associés à l'exposition aux traceurs de la pollution atmosphérique.

Les femmes ont été plus affectées que les hommes et les résidents dans des zones de fort trafic routier ont été plus touchés par les affections respiratoires que ceux avoisinant les zones d'activités industrielles.

Les plus fortes incidences des pathologies étudiées ont été notées au niveau des quartiers populaires de la zone d'étude qui sont moyennement exposés par rapport aux secteurs sanitaires du centre-ville, qui sont fortement exposés au polluant prospecté.

Pour les quartiers de l'ancienne Médina (Bni M'Hamed, Sidi Amer, Riad Al Kostani, Bab Rha et Riad), les incidences des consultations pour pathologies respiratoires sont relativement élevées, malgré l'éloignement de ces derniers de toutes sources de pollution atmosphérique d'origine industrielle. Ce qui laisse supposer que les émissions des moyens de transport et le type d'habitat sont fortement incriminés.

L'approche développée pourrait servir d'outils d'aide pour la prise de décision pour les autorités compétentes en la matière et l'adapter pour évaluer les impacts sanitaires et environnementaux liés à l'exposition à d'autres types de polluants (pesticides, traceurs générés par les unités industrielles, etc.).

## CONFLITS D'INTÉRÊTS

Les auteurs ne déclarent aucun conflit d'intérêts en relation avec cet article.

## CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

**Ibrahim El Ghazi:** recherche bibliographique, collecte et traitement des données et rédaction du manuscrit. **Berni Imane et Aziza Menouni:** traitement statistique et relecture du manuscrit. **Mohammed Amane:** Encadrement scientifique. **Samir EL Jaafari et Marie-Paule Kestemont:** élaboration du protocole de recherche, supervision de l'étude et validation du manuscrit.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs reconnaissent le soutien de l'Académie de recherche et d'enseignement supérieur (ARES) à travers le financement des divers stages à l'Université Catholique de Louvain la neuve, Belgique. Merci également aux reviewers anonymes pour leurs précieux commentaires sur cet article, ce qui nous permettra d'améliorer la qualité scientifique de cette recherche.

## REFERENCES

- [1] OMS. (2018). Neuf personnes sur 10 respirent un air pollué dans le monde, communiqué de presse de l'Organisation Mondiale de la Santé, Genève.
- [2] D.W. Dockery, C.A. Pope, X. Xu, J.D. Spengler, J.H. Ware, M.E. Fay, B.G. Ferris, F.E. Speizer, "An association between air pollution and mortality in six U.S. cities", *N. Engl. J. Med*, vol. 329, pp. 1753–1759, 1993.
- [3] M. J. Lipsett, B.D. Ostro, P. Reynolds, D. Goldberg, A. Hertz, M. Jerrett, L. Bernstein, "Long-Term Exposure to Air Pollution and Cardiorespiratory Disease in the California Teachers Study Cohort", *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, vol.184, no. 7, pp. 828–835, 2011.
- [4] A.S. Shah, J.P. Langrish, H. Nair, D.A. McAllister, A.L. Hunter, K. Donaldson, D.E. Newby, N.L. Mills, "Global association of air pollution and heart failure: a systematic review and meta-analysis", *Lancet*, vol. 382, pp. 1039-1048, 2013.
- [5] G.D. Thurston, J. Ahn, K.R. Cromar, Y. Shao, H.R. Reynolds, M. Jerrett, C.C. Lim, R. Shanley, Y. Park, R.B. Hayes, "Ambient Particulate Matter Air Pollution Exposure and Mortality in the NIH-AARP Diet and Health Cohort", *Environ Health Perspect*, vol.124, no. 4, pp. 484-90, 2016.
- [6] C.C. Liu, S.S. Tsai, H.F. Chiu, T.N. Wu, C.C. Chen, C. Y Yang, "Ambient exposure to criteria air pollutants and risk of death from bladder cancer in Taiwan", *Inhal Toxicol*, vol. 21, no.1, pp. 48–54, 2009.
- [7] M.C. Turner, M. Jerrett, C.A. Pope, D. Krewski, S.M. Gapstur, W.R. Diver, B.S. Beckerman, J.D. Marshall, J. Su, D.L. Crouse, R.T. Burnett, "Long-Term Ozone Exposure and Mortality in a Large Prospective Study", *Am J Respir Crit Care Med*, vol.193, no. 10, pp. 1134-1142, 2016.
- [8] O. S. Alamoudi, "Prevalence of respiratory diseases in hospitalized patients in Saudi Arabia: A 5 years study 1996-2000", *Annals of Thoracic Medicine*, vol. 1, no. 2, pp.76-80, 2006.
- [9] T. Sultana, A. Afzal, S. Sultana, K. Al-Ghanim, T. Shahid, Z. Jabeen, N. Turab, Z. Ahmed, S. Mahboob, "Epidemiological estimates of Respiratory diseases in the hospital population, Faisalabad, Pakistan", *Braz. Arch. Biol. Technol*, vol.60, 2017.
- [10] M. Bounakhla, A. El Hamdaoui, K. Embarch, M. Ibn Majah, "Fluorescence X pour l'évaluation de la pollution atmosphérique des villes de Safi et EL Youssoufia", *Rencontre Fronco-Marocaine de Physique Nucléaire, EL Jadida*, pp. 131-137, 1999.
- [11] A. El Abidi, L. Idrissi, H. Taleb, A. Azizi, O. Mameli, P. Melis, "The impact of lead pollution on the environment of Rabat-Salé (Morocco)", *Ann Chim*, vol.90, no.111-112, pp. 695-702, 2000.
- [12] M. Zaghaid, Y. Noack, M. Bounakhla, F. Benyaich, "Pollution atmosphérique particulière dans la ville de Kenitra (Maroc)", *Pollution atmosphérique: Climat, Santé, Société*, vol.203, pp. 313-324, 2009.
- [13] A. Zour. (2009). Application des Techniques d'échantillonnage passif pour l'évaluation de l'impact des fumées de la décharge municipale de Tanger sur la qualité de l'air. Thèse de doctorat, Université Abdelmalek Essaadi, Faculté des Sciences et Techniques Tanger, 182 p.
- [14] H. Ait Bouh, F. Benyaich, M. Bounakhla, Y. Noack, M. Tahri, F. Zahry, "Variations Saisonnières des particules atmosphériques et ses composants chimiques dans la Ville de Meknès- Maroc", *J. Mater. Environ. Sci*, vol. 4, no.1, pp.: 49-62, 2013.
- [15] F. Monna, L. Bouchaou, C. Rambeau, R. Losno, O. Bruguier, G. Dongarrà, S. Black, C. Château, "Lichens used as monitors of atmospheric pollution around Agadir (Southwestern Morocco) -A case study predating lead-free gasoline", *Water Air Soil Pollut*, vol.223, pp.1263–1274, 2012.
- [16] M. Tahri, M. Bounakhla, M. Zghaid, Y. Noack, F. Benyaich, A. Benchrif, "Evaluation of airborne particulate matter pollution in Kenitra City, Morocco", *Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, vol. 8, no.1, pp. 38-47, 2013.
- [17] F. Z. Ouali Alami, A. Elabidi, L. Mouhir, M. Fekhaoui, A. Serghini, "Utilisation des lichens comme bio-indicateurs de la pollution atmosphérique par le plomb, cadmium et zinc de la région de Rabat-Sale-Zemmour-Zaër (Maroc)", *Afrique SCIENCE*, vol.10, no.3, pp. 89 – 106, 2014.

- [18] G. El Rhzaoui, P.K. Divakar, A. Crespo, H. Tahiri, "Biomonitoring of air pollutants by using lichens (*Evernia prunastri*) in areas between Kenitra and Mohammedia cities in Morocco", *LAZAROA*, vol.36, pp. 21-30, 2015.
- [19] Inchaouh, M & Tahir, M. (2017). Air pollution due to road transportation in Morocco: evolution and impacts. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST)*, 4 (6): 7547-7552.
- [20] I. Boularab. (2018). Pollution atmosphérique due au dioxyde d'azote: mise au point d'un indicateur composite pour la ville de Meknès. Thèse de Doctorat en Biologie, Université Moulay Ismail, Faculté des Sciences de Meknès, 224 p.
- [21] Casa-Airpol. (2000). Etude de la pollution atmosphérique et de son impact sur la santé des populations à Casablanca, Campagnes 1998-1999. Ministère de l'aménagement du territoire, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement et Ministère de la Santé.
- [22] Mohammedia-Airpol. (2002). Étude de la pollution atmosphérique et de son impact sur la santé des enfants asthmatiques de Mohammedia, campagnes 2001-2002. Ministère de l'aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement et Ministère de la Santé.
- [23] L. Croitoru, M. Sarraf, (2017). Le coût de la dégradation de l'environnement au Maroc, World Bank Group Report N°105633-MA.
- [24] M. Abdouh, A. El Atrouz, A. Mechouri. (2004). Profil environnemental de Meknès, Agenda 21 locaux pour la promotion de l'environnement et du développement durable en milieu urbain. Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement. Rabat-Maroc.
- [25] NBN EN 16339. Air ambiant - Méthode pour la détermination de la concentration du dioxyde d'azote au moyen d'échantillonneurs par diffusion.
- [26] M, Puddu, K. Bayingana, J. Tafforeau. (2003). L'Asthme et la Pollution de l'air: Etat des connaissances et données disponibles pour le développement d'une politique de santé en Belgique. Institut Scientifique de la Santé Publique, IPH/EPI Reports Nr. 2003 – 012, N° de dépôt: D/2003/2505/23.
- [27] A. Just, L. Nikasinovic, Y. Laoudi, A. Grimfeld, "Pollution de l'air et asthme de l'enfant", *Revue française d'allergologie et d'immunologie clinique*, vol. 47, pp. 207–213, 2007.
- [28] M. Meybeck, J.P. Della Massa, V. Simon, E. Grasset, L. Torres, "Étude de la distribution atmosphérique de composés organiques volatils aromatiques: benzène, toluène, xylènes (BTX) et du dioxyde d'azote sur l'agglomération toulousaine", *Pollution atmosphérique*, vol.168, pp. 569-582, 2000.
- [29] D. Laurinavičienė, A. Dėdelė, "Measurement of nitrogen dioxide concentration in cold and warm seasons using a passive sampling method", *Biologija*, vol. 59, no. 4, 327–333, 2013.
- [30] MRE. (2001). Monographie Régionale de l'Environnement, Région Meknès Tafilalet, 64p.
- [31] W.J. Gauderman, E. Avol, F. Lurmann, N. Kuenzli, F. Gilliland, J. Peters, R. McConnell, "Childhood asthma and exposure to traffic and nitrogen dioxide", *Epidemiology*, vol.16, pp. 737-743, 2005.
- [32] M. Brauer, G. Hoek, H.A Smit, J.C. de Jongste, J. Gerritsen, D.S. Postma, M. Kerkhof, B. Brunekreef, "Air pollution and development of asthma, allergy and infections in a birth cohort", *Eur. Respir. J.*, vol. 29, pp. 879-88, 2007.
- [33] Y. Meng, M. Wilhelm, R.P. Rull, P. English, B. Ritz, "Traffic and outdoor air pollution levels near residences and poorly controlled asthma in adults", *Ann. Allergy Asthma Immunol.*, vol. 98, pp. 455-63, 2007.
- [34] R.J. Delfino, J. Chang, J. Wu, C. Ren, T. Tjoa, B. Nickerson, D. Cooper, D.L. Gillen, "Repeated hospital encounters for asthma in children and exposure to traffic-related air pollution near the home", *Ann. Allergy Asthma Immunol.*, vol. 102, pp. 138-44, 2009.
- [35] P. Harrison, "Creature comforts-living with mites and moulds", *Clin. Exp. Allergy*, vol. 29, no.2, pp. 148-149, 1999.
- [36] T. Hirsch, M. Hering, K. Burkner, D. Hirsch, W. Leupold, M. Kerkmann, "House-dust-mite allergen concentrations (Der f 1) and mold spores in apartment bedrooms before and after installation of insulated windows and central heating systems", *Allergy*, vol. 55, no. 1, 2000.
- [37] OMS. (2005). La pollution de l'air à l'intérieur des habitations et la santé. Aide-mémoire N°292.
- [38] B.W. Wheeler, Y. Ben-Shlomo, "Environmental equity, air quality, socioeconomic status, and respiratory health: a linkage analysis of routine data from the Health Survey for England", *J Epidemiol Community Health*, vol. 59, pp. 948-954, 2005.
- [39] S. Cakmak, R. Dales, S. Judek, "Respiratory health effects of air pollution gases: modification by education and income", *Arch Environ Occup Health*, vol. 61, pp. 5-10, 2006.
- [40] Depoorter, S., Nikalus, D., & Rafenberg, C. (2012). Rapport de la Commission des comptes et de l'économie de l'environnement Santé et qualité de l'air extérieur. Commissariat général au développement durable, 102 p.
- [41] F. Forastiere, M. Stafoggia, C. Tasco, S. Picciotto, N. Agabiti, G. Cesaroni, C. Perucci, "Socioeconomic status, particulate air pollution, and daily mortality: differential exposure or differential susceptibility", *American Journal of Industrial Medicine*, vol. 50, no. 3, pp. 208-216, 2007.

## Effet de l'abstraction linguistique sur la désapprobation intragroupe du recours aux biais intergroupes linguistiques

### [ Effect of linguistic abstraction on intra-group disapproval of the use of intergroup linguistics biases ]

*Gustave Adolphe Messanga, Lionel Joël Dongmo Kengni, and Sylvestre Nzeuta Lontio*

Département de Philosophie-Psychologie-Sociologie, Université de Dschang, Dschang, Cameroon

Copyright © 2020 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** The present research is within the framework of the normative perspective of the analysis of Linguistic Intergroup Bias (LIB). It starts from the observation that the specialized literature does not indicate the conditions under which individuals disapprove the use of these biases. In this vein, its aim is to help fill this theoretical gap by assessing the potential impact of linguistic abstraction on intra-group disapproval of the use of LIB. The tested hypothesis proposes that individuals disapprove more the use of LIB when they face a speaker who uses pro-ingroup and anti-outgroup LIB, than when they are confronted with a speaker who uses pro-outgroup and anti-ingroup LIB. This prediction is tested thanks to an experiment conducted with the participation of fifty (50) students of both sexes ( $M_{\text{age}} = 22.94$  years), all French speakers, enrolled in the first year of the Bachelor of Psychology' program at the University of Dschang (Cameroon). They were assigned to the experimental ( $n = 25$ ) and control ( $n = 25$ ) conditions constituting the experimental design. After experimental induction, the data collected via the scale of intragroup disapproval of the use of LIB ( $\alpha = .75$ ) provide empirical support for the hypothesis of the study ( $f(1; N = 51) = 52.31, \eta^2 = .995, N_2 = .989, t = 7.42, p < .05$ ). In conclusion, this study reveals that individuals disapprove the use of LIB when ingroup prescribes disapproval of these biases (group norm).

**KEYWORDS:** Linguistic intergroup bias, intragroup disapproval, linguistic abstraction, pro-ingroup bias, pro-outgroup bias, anti-ingroup bias, anti-outgroup bias.

**RESUME:** La présente recherche se situe dans le cadre de la perspective normative de l'analyse des Biais Intergroupes Linguistiques (BIL). Elle part du constat que la littérature spécialisée n'indique pas dans quelles conditions les individus désapprouvent le recours à ces biais. Dans cette veine, son objectif est de contribuer à combler cette lacune théorique en évaluant l'impact potentiel de l'abstraction linguistique sur la désapprobation intragroupe de l'utilisation des BIL. L'hypothèse mise à l'épreuve propose que les individus désapprouvent davantage le recours aux BIL quand ils font face à un locuteur qui utilise les BIL pro-endogroupes et anti-exogroupes, que dans le cas où ils sont confrontés à un locuteur qui utilise les BIL pro-exogroupes et anti-endogroupes. Cette prédiction est testée grâce à une expérience conduite avec la participation de Cinquante (50) étudiants des deux sexes ( $M_{\text{âge}} = 22,94$  ans), tous francophones, inscrit en première année du cycle de Licence de Psychologie à l'Université de Dschang (Cameroun). Ils ont été assignés aux conditions expérimental ( $n = 25$ ) et contrôle ( $n = 25$ ) constitutives du plan d'expérience. Après induction expérimentale, les données collectées via l'échelle de désapprobation intragroupe du recours aux BIL ( $\alpha = .75$ ) apportent un soutien empirique à l'hypothèse de l'étude ( $f(1; N = 51) = 52.31, \eta^2 = .995, N^2 = .989, t = 7.42, p < .05$ ). En conclusion, cette étude révèle que les individus désapprouvent l'utilisation des BIL lorsque l'endogroupe prescrit la désapprobation de ces biais (norme groupale).

**MOTS-CLEFS:** Biais Intergroupe Linguistique, désapprobation intragroupe, abstraction linguistique, biais pro-endogroupes, biais pro-exogroupes, biais anti-endogroupe, biais anti-exogroupe.

## 1 INTRODUCTION

Décrire les actes et les comportements positifs ou négatifs de l'endogroupe ou de l'exogroupe est un acte quasi-quotidien. Pour ce faire, l'on recourt à différentes formulations et outils linguistiques, dont la manipulation du langage. Cette manipulation, encore appelée biais linguistique, impacte sur la réponse d'un destinataire à un locuteur [1], en raison du fait que le recours aux biais linguistiques a des implications importantes lorsque les descriptions sont énoncées dans un contexte intergroupe [2]. Cette abstraction est appelée Biais Intergroupe Linguistique (BIL) [3]. Les BIL consistent en la tendance à décrire les comportements positifs de l'endogroupe et négatifs de l'exogroupe de façon plus abstraite, et les comportements positifs de l'exogroupe et négatifs de l'endogroupe de façon plus concrète [3]. Cela signifie que le choix des mots utilisés pour la description d'un comportement est fonction de la catégorie à laquelle appartient l'individu décrit. Cette manipulation du langage est systématiquement asymétrique et en faveur de l'endogroupe (biais pro-endogroupe). Dans cette veine, les individus qui approuvent le recours aux BIL lorsque l'endogroupe encourage leur utilisation sont considérés comme ses membres les plus fidèles. La raison en est qu'ils suivent la norme groupale. Dans le cas où l'endogroupe conçoit l'utilisation des BIL comme illégitime et décide de la proscrire, ses membres ont la possibilité de suivre, s'abstenir et résister à cette norme, malgré le fait que [4] indiquent que les normes groupales ont pour objectif de dicter la façon dont les membres d'un groupe doivent se comporter. La raison en est que les normes groupales sont susceptibles de provoquer des réactions d'approbation ou de désapprobation. La présente recherche s'intéresse spécifiquement aux conditions dans lesquelles le recours aux BIL suscite la désapprobation dans des contextes intergroupes.

Les individus ont tendance à utiliser des termes ayant un niveau d'abstraction linguistique différent (des termes plus ou moins abstraits), selon que la cible appartienne à l'endogroupe ou à l'exogroupe [2]. Concrètement, ils décrivent les comportements positifs de l'endogroupe et négatifs de l'exogroupe de façon plus abstraite et concrète que les comportements négatifs de l'endogroupe et positifs de l'exogroupe. Cela signifie qu'ils font un choix asymétrique des mots en fonction de la catégorie à laquelle appartient l'individu décrit [2], en accordant des explications et descriptions désirables aux membres de l'endogroupe et des explications et descriptions négatives ou indésirables aux membres de l'exogroupe [5]. Ainsi, les BIL présentent, de manière subtile, les sentiments positifs qu'ont les individus envers leur groupe d'appartenance et leurs sentiments négatifs à l'égard du groupe de non appartenance [6]. Ils rendent improbables les réponses socialement souhaitables ou politiquement correctes. L'utilisation de l'abstraction linguistique dans la description des actions des individus est liée aux évaluations sociales. Dans cette veine, parler d'abstraction signifie attribuer une stabilité temporelle aux comportements ou aux qualités durables de la personne ou du groupe que l'on décrit. Cela traduit une généralisation des situations [7]. La littérature [8] propose que les BIL font référence à l'abstraction comme tendance à interpréter les comportements positifs de l'endogroupe et négatifs de l'exogroupe avec plus d'explications dispositionnelles que les comportements négatifs de l'endogroupe et positifs de l'exogroupe. Cela veut dire que les individus font plus recours aux adjectifs et verbes d'action lorsqu'il faut expliquer les comportements durables et stables positifs de l'endogroupe et négatifs de l'exogroupe. Ils font également plus recours aux verbes d'action lorsqu'ils décrivent les comportements non durables et non stables négatifs de l'endogroupe et positifs de l'exogroupe. Par conséquent, l'usage de termes abstraits serait plus approprié pour décrire des caractéristiques durables des comportements positifs de l'endogroupe et négatifs de l'exogroupe [9]. Dans ce sens, les BIL renvoient à la tendance à utiliser l'abstraction linguistique de manière différenciée pour l'endogroupe et l'exogroupe, avec une tendance à l'endofavoritisme. En d'autres termes, ils sont composés des niveaux de descriptions (abstraits et concrets) et des outils linguistiques (verbes, noms et adjectifs) [10].

Les travaux sur les BIL ont été rédigés à partir des Modèles des Catégories Linguistiques (MCL) [9], [11] portant sur la catégorisation sémantique des verbes en fonction de leur niveau d'abstraction [2], [5]. Les MCL ont contribué à la classification des termes interpersonnels en catégories linguistiques [2]. Cela se rapporte à l'ensemble des verbes, des adjectifs et des noms auxquels les individus recourent pour décrire les actions, les états psychologiques et les comportements qu'ils ont observés. Ces catégories linguistiques se subdivisent en quatre sous-catégories [5]. La première porte sur les verbes d'état, qui décrivent de façon abstraite des états mentaux et émotionnels durables, et n'ayant ni début ni fin (par exemple, les Francophones « admirent » les Anglophones). La seconde se réfère aux verbes d'action descriptifs, qui décrivent une action de façon neutre et objective, mais ne génèrent pas des jugements positifs ou négatifs. Elle se réfère à une situation et à un objet spécifique (par exemple, les Francophones et les Anglophones « appellent » le gouvernement). La troisième porte sur les verbes d'action interprétatifs, qui se réfèrent aux actions et objets spécifiques. Elle implique les comportements et a des connotations sémantiques positives ou négatives. Ici, l'interprétation est forte (par exemple: l'anglophonisation des enfants issus des familles Francophones « menace » l'identité des Anglophones). La quatrième porte sur les adjectifs qui décrivent de façon plus abstraite les caractéristiques des individus (par exemple, les Anglophones sont plus « honnêtes » que les Francophones).

L'utilisation des MCL dans l'étude des distorsions intergroupes a permis de mettre en lumière le rôle de l'abstraction linguistique dans l'expression des biais [2]. Les biais intergroupes interviennent au niveau des cognitions, attitudes et

comportements. La littérature argue que « le modèle du BIL s'appuie sur les propriétés de l'abstraction, mises en œuvre dans le cadre du MCL, pour prédire l'utilisation de l'abstraction en contexte intergroupe et les conséquences de cette utilisation » ([2], p. 48). D'une part, ce modèle prédit que les individus font une utilisation différenciée de l'abstraction, selon que l'événement à décrire est désirable ou indésirable. D'autre part, il prédit que l'utilisation de l'abstraction linguistique contribuerait de manière subtile au maintien des biais intergroupes [4]. Pour rappel, celle-ci consiste en la tendance des individus à décrire les comportements positifs de l'endogroupe et négatifs de l'exogroupe en des termes plus abstraits, et la description en des termes plus concrets les comportements négatifs de l'endogroupe et positifs de l'exogroupe [12]. À titre illustratif, si un Anglophone (endogroupe) est appelé à décrire un autre Anglophone qui a tenu un discours sur la crise anglophone au Cameroun, il dira que ce dernier a été passionnant et honnête. Mais, si c'est un Francophone (exogroupe) qui tient le même discours, les Anglophones diront plutôt que ce dernier a apporté des informations intéressantes (discrimination privative) [2], [1]. De même, si un Anglophone est altruiste envers une tierce personne, en tenant par exemple la porte coulissante d'un supermarché pour lui permettre de sortir, les Anglophones diront qu'il est serviable. Par contre, si c'est un Francophone qui adopte le même comportement, les Anglophones diront qu'il a tenu la porte pour permettre à un individu qui transporte une charge de passer [5]. Si un Anglophone agresse physiquement une tierce personne, les Anglophones diront qu'il a agressé quelqu'un. Mais, si c'est un Francophone qui pose le même acte, les Anglophones diront plutôt qu'il est un agresseur [4], [13].

Le recours aux BIL implique très souvent la tendance à la description des événements stéréotypés de manière plus abstraite que les événements non stéréotypés. Dans cette veine, la littérature suggère que les BIL seraient des indicateurs des préjugés subtils [13]. Ce sont des cognitions implicites qui favorisent le maintien des préjugés et l'utilisation des traits stéréotypiques contre les exogroupes [4]. C'est pourquoi on peut suggérer que les préjugés basés sur les BIL influencent les jugements des membres des groupes. Les individus qui présentent les BIL évaluent les membres des groupes de manière plus stéréotypée que les personnes qui ne les présentent pas. De fait, la littérature propose que les mesures implicites des préjugés basés sur un traitement biaisé prédisent les réactions individuelles des membres d'un groupe [13]. Dans cette logique, on conclut que l'utilisation des BIL est un comportement groupal qui peut susciter la validation ou non des membres du groupe; d'où l'approbation/désapprobation intragroupe du recours aux BIL relative aux jugements portés par les membres d'un groupe sur l'usage de l'abstraction linguistique en référence à la norme groupale [2]. Ce recours ou non aux BIL indique si les membres de l'endogroupe sont bons (complaisants) ou mauvais (déviant). Suivant cette logique, il y a approbation de l'utilisation des BIL lorsqu'un membre de l'endogroupe soutient et produit un discours dont le contenu valorise ce groupe et dénigre l'exogroupe [2]. En appui à cela, la recherche rapporte qu'un membre de l'endogroupe qui valide l'image positive de son groupe à travers les termes employés dans son discours fait l'objet d'une évaluation positive [4]; ce qui signifie littéralement que l'approbation de l'utilisation des biais renvoie à l'adoption des comportements complaisants par les individus. C'est pourquoi les individus tendent à adhérer, intérioriser et se conformer au contenu des normes et valeurs importantes de l'endogroupe [14]. L'expression de ces comportements par les individus traduit leurs appréciation et acceptation des normes prescrites par l'endogroupe. Il en résulte que les individus qui se conforment aux normes édictées par l'endogroupe sont encouragés par le groupe et les autres membres, car ils le valorisent. En revanche, les individus qui refusent ou résistent aux prescriptions du groupe sont taxés de déviants et suscitent le rejet et la dépréciation de la part des autres membres dudit groupe [14].

Les normes de groupe existent pour dicter les comportements appropriés et inappropriés, ainsi que la façon d'agir et de réagir [15]. Leur rôle est de préserver l'ordre, l'harmonie, la cohésion et la qualité des interactions. Par conséquent, le non-respect des comportements édictés par le groupe génère des comportements déviants qui menacent ou portent atteinte à l'identité sociale du groupe. Ces comportements menacent l'unicité, la stabilité et le fonctionnement régulier du groupe [14]. Le recours aux BIL est un comportement que le groupe peut prescrire à ses membres; et dans ce cas, son approbation est une façon de se conformer aux normes groupales. Suivant cette veine, l'approbation intragroupe du recours aux BIL accentue l'expression et le maintien des biais intergroupes [1]. En effet, le choix d'un type de langage dans la description des comportements de l'endogroupe et de l'exogroupe contribue à la transmission et au maintien des préjugés et stéréotypes sociaux [4]. Concrètement, le codage et la communication des comportements souhaitables de l'endogroupe et de l'exogroupe de manière plus abstraite que les comportements indésirables de l'endogroupe et souhaitables de l'exogroupe indique que la communication abstraite (versus concrète) joue un rôle essentiel dans la perpétuation des préjugés et stéréotypes dans les relations intergroupes. Elle contribue de manière subtile au maintien des distorsions de jugements [2]; ce qui signifie que le recours aux BIL affecte négativement les relations sociales et intergroupes. L'expression de ces biais peut être modérée par plusieurs facteurs, dont notamment: l'auto-catégorisation, la recherche d'une identité sociale positive par le biais de la dégradation de l'image de l'exogroupe, la perception des intentions envers l'endogroupe/exogroupe, les intentions communicatives, la perception de la pertinence de l'endogroupe/exogroupe et la norme du groupe [1]. Cette étude met l'accent sur ce dernier facteur.

Les membres d'un groupe peuvent désapprouver le recours aux BIL s'ils ont conscience de leurs effets néfastes pour les interactions avec des exogroupes [1]. Cette tendance à proscrire l'utilisation des BIL ou le fait d'édicter la norme de non utilisation systématique des biais intergroupes favorables à l'endogroupe et défavorables à l'exogroupe est une norme de groupe [16]. Ainsi, si le recours aux BIL est considéré comme un acte déviant, leur non utilisation est, en revanche, perçue comme un acte de loyauté à l'égard de l'endogroupe [2], [1]; d'où l'analyse des BIL dans une perspective normative. Dans cette veine, la recherche a testé l'hypothèse qu'un membre de l'endogroupe qui approuve et utilise les BIL pro-endogroupe (vs. pro-exogroupe) est perçu comme un individu qui favorise fortement l'endogroupe aux dépens de l'exogroupe [2], [1]. Il ressort des observations faites que lorsque l'endogroupe légitime l'utilisation des BIL, les individus ou les locuteurs membres dudit groupe qui font recours aux BIL pro-endogroupes obtiennent plus d'approbation intragroupe que ceux qui font usage des BIL pro-exogroupes. Cet effet est médiatisé par une plus grande perception du locuteur comme ayant des intentions plus favorables envers l'endogroupe et plus d'intentions défavorables envers l'exogroupe [1]. On en conclut que lorsque la légitimation de la norme d'utilisation intragroupe des BIL par l'endogroupe justifie l'approbation et l'adhésion de ses membres à cette norme, elle justifie également leur fidélisation et leur loyauté à ce groupe. Cela constitue une preuve du fait que face à cette situation, les individus approuvent plus le recours aux BIL.

La recherche indique que le recours aux BIL suscite plus la désapprobation sociale dans les situations où l'endogroupe active la norme d'impartialité [2]. Dans ce cas, aucune indication n'est donnée sur le comportement à adopter par les membres dudit groupe. Pourtant, lorsque ceux-ci doivent décrire un acte posé par un membre de l'endogroupe ou de l'exogroupe, ils font abstraction du langage, comme si cela était approuvé par le groupe [4]. L'abstraction linguistique intervient dans le processus de description des comportements intra/intergroupes. Or, la désapprobation intragroupe du recours à l'abstraction linguistique est un comportement intragroupe. C'est la norme de groupe à laquelle les individus-membres doivent se conformer. En effet, le non recours à l'abstraction linguistique dans un contexte de désapprobation intragroupe de l'utilisation des BIL peut être considéré comme un moyen de se conformer aux normes de l'endogroupe. Dans ces conditions, la recherche n'indique pas si les individus vont respecter la norme de groupe ou s'ils vont lui résister. En clair, les travaux existants dans le domaine des BIL ne rapportent pas de résultats de recherche pouvant adresser cette préoccupation. Dans cette veine, le projet scientifique de la présente recherche réside dans le fait qu'elle veut voir si l'abstraction linguistique peut impacter sur la désapprobation intragroupe de l'utilisation des BIL. Elle s'oriente vers l'analyse des différences hypothétiques des tendances à désapprouver les BIL comme critère de caractérisation de deux groupes d'individus dont l'un est face à un locuteur utilisant les BIL pro-endogroupes et anti-exogroupes, et l'autre, est confronté à un locuteur utilisant les BIL pro-exogroupes et anti-endogroupes. L'hypothèse mise à l'épreuve ici est que face à un locuteur qui utilise les BIL pro-endogroupes et anti-exogroupes, les individus désapprouvent plus le recours aux BIL que lorsqu'ils sont face à un locuteur qui utilise les BIL pro-exogroupes et anti-endogroupes.

## 2 MÉTHODE

### 2.1 LES PARTICIPANTS

Une annonce faite par le Coordonnateur de l'Unité de Psychologie de l'Université de Dschang (Cameroun) a permis de recruter 50 étudiants francophones inscrits en première année du cycle de Licence de Psychologie. Il les a informés qu'ils participeront à une enquête relative à la crise sociopolitique en cours depuis novembre 2016 dans les régions anglophones du Cameroun. On relève que les relations entre les groupes linguistiques anglophone et francophone du Cameroun ne sont pas ouvertement antagonistes, mais elles ne sont pas non plus amicales. Elles sont entachées de stéréotypes, préjugés et discriminations [17], [18]. Ces participants ont marqué leur accord pour participer bénévolement à l'étude en signant un formulaire de consentement libre et éclairé.

### 2.2 MATÉRIEL ET PROCÉDURE EXPÉRIMENTALE

Au plan méthodologique, la présente recherche s'inspire de l'expérience menée par [1]. Dans les faits, les participants sont recrutés et installés dans un amphithéâtre du campus universitaire. Les expérimentateurs se présentent comme des chercheurs associés à la Commission Nationale pour la Promotion du Bilinguisme et du Multiculturalisme dans le Département de la Menoua où est située l'Université. Ils disent avoir pour mission de recueillir les impressions des participants sur « le problème anglophone » au Cameroun. Ils leur annoncent que leur université a été retenue pour cette activité, du fait de la possibilité d'y rencontrer à la fois des Francophones et des Anglophones, en raison de son caractère bilingue. Ils les informent d'abord qu'ils vont recevoir un document qu'ils devront lire, pour donner leur impression sur une personne, sur la base des déclarations qu'elle a faites lors d'une interview. Ensuite, ils leur remettent lesdits documents dont la première section présente un scénario. Le but dudit scénario est de créer un contexte intergroupe chez les participants. Ils leur expliquent que



la personne impliquée dans le scénario est un membre de ladite Commission, interviewé suite à une série de négociations entre les Francophones et les Anglophones relativement au « problème anglophone ». La raison de l'interview est d'appréhender les stéréotypes, préjugés et discriminations existants entre ces deux groupes linguistiques.

Les expérimentateurs présentent aux participants quatre (4) déclarations factices faites lors d'une interview par un membre de l'endogroupe dont les initiales sont M. G. Deux de ces déclarations portent sur les Francophones (descriptions d'un membre de l'endogroupe) et les deux autres portent sur les Anglophones (descriptions d'un membre de l'exogroupe). Ces déclarations décrivent un comportement positif et un comportement négatif de chaque groupe linguistique. On indique aux participants que ces déclarations ont été condamnées par le groupe des Francophones. Leur tâche consiste à dire s'ils approuvent ou désapprouvent les déclarations faites par M. G., qui manifestement font recours aux BIL, malgré la désapprobation de l'endogroupe. Enfin, les participants sont répartis de façon aléatoire en deux groupes, conformément aux traitements expérimentaux faits par [1]: une moitié est assignée aléatoirement à la condition de lecture des déclarations portant sur les BIL pro-endogroupes et anti-exogroupes (condition expérimentale) et l'autre est assignée aléatoirement à la condition de lecture des BIL pro-exogroupes et anti-endogroupe (condition contrôle).

Le recueil des données a été effectué grâce à deux (2) échelles qui mesurent les variables de l'étude et à l'échelle de désirabilité sociale. La première est l'Échelle de mesure de la Désapprobation Intragroupe du Recours aux BIL (DIRBIL [1]). Elle comporte neuf (9) items ( $\alpha = .75$ ). Elle évalue trois (3) dimensions: la fidélité à l'endogroupe (03 items); l'approbation intragroupe de l'utilisation des BIL (03 items codés à l'envers,  $\alpha = .74$ ); et la désapprobation intragroupe de l'utilisation des BIL (03 items;  $\alpha = 0,81$ ). La seconde est l'échelle d'identification à l'endogroupe (IE). Elle a six (6) items ( $\alpha = .80$ ) [1]. Elle comporte deux (2) dimensions: l'identification au compère de l'endogroupe (3 items) et l'identification à l'endogroupe (3 items). Les items de ces deux instruments de collecte des données sont évalués sur une échelle de Likert en 6 points, allant de 1 (fortement en désaccord) à 6 (fortement en accord). Outre ces deux échelles, on a administré l'échelle de désirabilité sociale (20 items,  $\alpha = .78$ ), dont le rôle est de contrôler les biais présents dans les réponses des participants. En clair, elle évalue la tendance des individus à répondre aux questions en fonction de comportements socialement valorisés [19]. Elle est utilisée dans la présente étude en raison du fait que le scénario présenté aux participants implique un individu qui adopte une conduite contre-normative. Le remplissage de ces échelles est suivi par une phase de débriefing post-expérimental.

### 3 RÉSULTATS

Les statistiques inférentielles présentées dans cette section constituent l'essentiel des résultats issus de l'expérience. Elles portent sur les variations des tendances à la désapprobation intragroupe du recours aux BIL chez les participants assignés aux deux conditions expérimentales. Les tests de comparaison des moyennes (ANOVA test et t-test) sont appliqués pour mettre à l'épreuve l'hypothèse des différences intergroupes dans l'approbation du recours aux BIL.

**Tableau 1.** Statistiques descriptives (Moyennes (M.), Écart-types (É.-T.)) et inférentielles de validation de l'hypothèse (variances intergroupes (f et t) observées)

| Variables/Modalités                                                                                                                                                                                                           |  | N                | M       | É.-T.              |          |          |          |                       |          |          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------|---------|--------------------|----------|----------|----------|-----------------------|----------|----------|
| 1-IE (groupe Contrôle)                                                                                                                                                                                                        |  | 25               | 18,9231 | 6,15092            |          |          |          |                       |          |          |
| 2-IE (groupe Expérimental)                                                                                                                                                                                                    |  | 25               | 19,1600 | 6,08742            |          |          |          |                       |          |          |
| 3-DIRBIL pro-exogroupe et anti-endogroupe (groupe Expérimental)                                                                                                                                                               |  | 25               | 33,54   | 5,169              |          |          |          |                       |          |          |
| 4- DIRBIL pro-exo et anti-endogroupe (groupe Contrôle)                                                                                                                                                                        |  | 25               | 30,95   | 3,029              |          |          |          |                       |          |          |
| 5-Fidélité à l'endo (groupe Expérimental)                                                                                                                                                                                     |  | 25               | 10,00   | 3,536              |          |          |          |                       |          |          |
| 6-Fidélité à l'endo (groupe Contrôle)                                                                                                                                                                                         |  | 25               | 29,8462 | 6,98966            |          |          |          |                       |          |          |
| Tests de comparaison intergroupe ( <i>contrôle et expérimental; ANOVA test et t-test</i> ) des tendances à la DIRBIL (pro-endogroupes et anti-exogroupes; pro-exogroupes et anti-exogroupe), IE et la fidélité à l'endogroupe |  |                  |         |                    |          |          |          |                       |          |          |
| Variables/Modalités                                                                                                                                                                                                           |  | Somme des carrés | Df      | Moyenne des carrés | <i>f</i> | <i>p</i> | <i>η</i> | <i>η</i> <sup>2</sup> | <i>t</i> | <i>p</i> |
| Tests de Validation de l'hypothèse                                                                                                                                                                                            |  |                  |         |                    |          |          |          |                       |          |          |
| DIRBIL PEn et AEx diagnostique*DIRBIL PEx et AEn non diagnostique                                                                                                                                                             |  | 747.65           | 14      | 53.40              | 52.31    | .000     | .995     | .989                  | 7.42     | .000     |
| Tests Comparaisons complémentaires                                                                                                                                                                                            |  |                  |         |                    |          |          |          |                       |          |          |
| IE diagnostique*IE non diagnostique                                                                                                                                                                                           |  | 889.36           | 24      | 74.02              | .573     | .033     | .763     | .582                  | .168     | .868     |
| Fidélité à l'endogroupe diagnostique*Fidélité à l'endogroupe non diagnostique                                                                                                                                                 |  | 300.00           | 24      | 10.52              | .281     | .010     | .771     | .685                  | .2177    | .000     |

Ce tableau compare les tendances à la désapprobation du recours aux BIL pro-endogroupes et anti-exogroupes et les tendances à la désapprobation du recours aux BIL pro-exogroupes et anti-exogroupes observées chez les participants soumis aux deux conditions expérimentales. Les statistiques inférentielles indiquent, pour le *t-test*, qu'il y a une différence significative entre les tendances à la désapprobation intragroupe de l'utilisation des BIL dans les deux groupes de participants (7.42% et 52.31% pour l'*ANOVA test* ( $f(1; N = 51) = 52.31, t = 7.42, p < .05$ ). Les estimations d'indices de covariation/corrélation  $y$  relatifs sont importantes ( $\eta = .995$  et  $\eta^2 = .989$ ). Ces données de différenciation intergroupe montrent effectivement que les participants assignés à la condition de lecture des déclarations contenant les BIL pro-endogroupes et anti-exogroupes désapprouvent plus le recours aux BIL ( $M_{IE-diagnostique} = 33.54, \text{É.-T} = 5.16$ ) que ceux assignés à la condition de lecture des BIL pro-exogroupes et anti-endogroupes ( $M_{IE-Non diagnostique} = 30.95, \text{É.-T} = 3.029$ ). Elles apportent donc un soutien empirique à l'hypothèse mise à l'épreuve.

Les résultats de la présente recherche indiquent aussi que les participants s'identifient plus à l'endogroupe lorsque celui-ci désapprouve ou interdit l'utilisation des BIL pro-endogroupes et anti-exogroupes ( $M_{IE-diagnostique} = 19.1600, \text{É.-T} = 6.08742$ ), que dans le cas où il désapprouve l'utilisation des BIL pro-exogroupes et anti-endogroupes ( $M_{IE-Non diagnostique} = 18.9231, \text{É.-T} = 6.15092$ ). Les données de comparaison des variances intergroupes soutiennent une différence intergroupe non significative évaluée à 16.80% pour le *t-test* et à 57.30% pour l'*ANOVA test* ( $f(2; N = 51) = .573, t = .168, p > .05$ ); mais avec des estimations d'indices de covariation/corrélation satisfaisantes ( $\eta = .763$  et  $\eta^2 = .582$ ). Les résultats révèlent que les participants sont plus fidèles à l'endogroupe lorsque celui-ci désapprouve ou interdit le recours aux BIL pro-endogroupes et anti-exogroupes ( $M_{IE-diagnostique} = 10.00, \text{É.-T} = 3.536$ ) que dans le cas où il désapprouve l'utilisation des BIL pro-exogroupes et anti-endogroupes ( $M_{IE-Non diagnostique} = 29.8462, \text{É.-T} = 6.98966$ ). La statistique inférentielle atteste de l'existence d'une variation intergroupe significative de cette fidélisation à l'endogroupe à 21.77% pour le *t-test* et à 25.10% pour l'*ANOVA test* ( $f(3; N = 51) = .251, t = .2177, p < .05$ ). Les estimations d'indices de covariation/corrélation sont satisfaisantes ( $\eta = .771$  et  $\eta^2 = .685$ ). En résumé, les données collectées dans cette étude apportent un soutien empirique à l'idée que les individus ont tendance à se conformer aux normes édictées par l'endogroupe. Ils le font davantage lorsque ce groupe interdit à ses membres le recours aux BIL pro-endogroupes et anti-exogroupes et dans le cas où les locuteurs tiennent des propos en faveur de l'endogroupe. Autrement dit, lorsqu'un discours est favorable à l'endogroupe et défavorable à l'exogroupe, les membres de l'endogroupe préfèrent désapprouver l'usage des BIL, contrairement aux cas où ce discours est en sa défaveur, au profit de l'exogroupe.

#### 4 DISCUSSION

Cette recherche examinait l'effet de l'utilisation de l'abstraction linguistique sur la désapprobation intragroupe du recours aux BIL. Elle avait pour objectif de vérifier, grâce à une expérience, si face à un membre de l'endogroupe qui utilise les BIL dans des conditions de désapprobation intragroupe du recours à ces biais, les autres membres du groupe seraient enclins à suivre la norme du groupe ou ne pas s'y conformer. L'hypothèse mise à l'épreuve proposait que les individus confrontés à un locuteur qui utilise les BIL pro-endogroupes et anti-exogroupes désapprouveraient plus le recours aux BIL que ceux qui sont face à un locuteur qui utilise les BIL pro-exogroupes et anti-endogroupes. Les analyses statistiques effectuées apportent un soutien à cette prédiction. On conclut que les individus adoptent les comportements encouragés par l'endogroupe lorsque ces comportements favorisent ledit groupe et défavorisent les exogroupes.

Contrairement à ce que prévoit la littérature [2], [16], [1], au lieu d'avoir une impression positive (approbation) du comportement du locuteur qui a recouru aux BIL, les participants ont suivi la norme de groupe: la désapprobation intragroupe du recours aux BIL. En effet, contrairement à [2] qui rapporte que le recours aux BIL suscite plus la désapprobation sociale dans les situations où l'endogroupe a activé la norme d'impartialité, les résultats la présente étude montrent qu'il y a désapprobation intragroupes du recours aux BIL lorsque l'endogroupe proscrie ledit recours. La littérature montre également qu'en situation de prescription des normes d'approbation et de désapprobation intragroupe du recours aux BIL pro-endogroupes, les individus adhèrent plus à la norme d'approbation qu'à la norme de désapprobation [2]. Les résultats de cette recherche révèlent le contraire. Ils montrent, en effet, que l'abstraction linguistique amène plutôt les individus à désapprouver l'utilisation des BIL au niveau intragroupe.

Les résultats complémentaires de cette recherche indiquent que les individus s'identifient plus à leur groupe d'appartenance et lui sont plus fidèles lorsqu'un discours est favorable à l'endogroupe et défavorable à l'exogroupe (désapprobation intragroupe du recours aux BIL pro-endogroupes et anti exogroupes) que dans le cas où le discours est contre l'endogroupe et en faveur de l'exogroupe. Dans ce dernier cas, il y a désapprobation intragroupe du recours aux BIL pro-exogroupes et anti-endogroupes. Ce comportement intergroupe serait une réaction de protection de l'endogroupe. On note cependant que l'identification et la loyauté (la fidélité) envers l'endogroupe inclinent ses membres à adhérer davantage à la norme qu'il prescrit. Les résultats de la présente étude révèlent des estimations des covariations importantes lorsqu'on adresse l'identification à l'endogroupe et l'adhésion à la norme de groupe (DIRBIL pro-endogroupe et anti exogroupe\*DIRBIL pro-

exogroupe et anti endogroupe). Ce résultat est en opposition avec ce que prévoit la littérature. En effet, celle-ci révèle qu'en situation de désapprobation intragroupe du recours aux BIL, les individus s'identifient moins à l'endogroupe. La raison en est qu'ils n'adhèrent pas aux normes groupales qui proscrivent l'utilisation des BIL et, en conséquence, ils s'identifient moins à l'endogroupe [2].

## 5 CONCLUSION

La présente étude démontre expérimentalement que le recours à l'abstraction linguistique en contexte intergroupe est un régulateur normatif. Elle met en perspective la désapprobation intragroupe de l'utilisation des BIL. Le caractère prescriptif de ladite désapprobation est une voie complémentaire pour l'atténuation des biais intergroupes. Les données collectées suggèrent que la condamnation du recours aux BIL pro-endogroupes et anti-exogroupes est plus favorisée que le refus du recours aux BIL pro-exogroupes et anti-endogroupes. La raison en est que cette condamnation est davantage normative que contre normative. En clair, cette recherche a permis de montrer que les membres d'un groupe adoptent des comportements conformistes édictés par l'endogroupe, même lorsqu'il leur proscriit l'utilisation des biais intergroupes. On en conclut que la connaissance des normes régulatrices de l'adhésion aux croyances sur les groupes sociaux influence l'utilisation des biais intergroupes [20].

## REFERENCES

- [1] Y. Assilaméhou-Kunz, T. Postmes, and B. Testé, "A normative perspective on the linguistic intergroup bias: How intragroup approval of ingroup members who use the linguistic intergroup bias perpetuates explicit intergroup bias", *European Journal Social Psychology*, vol. 50, no. 1, pp. 1-16, 2019.
- [2] Y. Assilaméhou-Kunz, *Approche normative des conséquences du biais linguistique intergroupe: Étude de l'évaluation de l'usage du langage en contexte intergroupe*, Thèse de doctorat de 3e cycle, Université Rennes 2, 2013.
- [3] A. Maass, D. Salvi, L. Arcuri, and G. R. Semin, "Language use in intergroup contexts: The linguistic intergroup bias", *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 57, no. 6, pp. 981-993, 1989.
- [4] J. M. Marques, D. Abrams, D. Paez, and C. Martinez-Taboada, "The Role of Categorization and In-Group Norms in Judgments of Groups and Their Member", *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 75, no.4, pp. 976-988, 1998.
- [5] A. Burguet et F. Girard, « La Coupe du Monde de Football 2006: Analyse de la production des biais linguistiques intergroupes », *Cahiers Internationaux de Psychologie Sociale*, vol. 79, no. 3, pp. 85-95, 2008.
- [6] F. M. Franco and A. Maass, "Implicit versus explicit strategies of out-group discrimination: The role of intentional control in biased language use and reward allocation", *Journal of Language and Social Psychology*, vol.15, pp. 335-359, 1996.
- [7] J. L. Shulman and R. Clément, "Expressing prejudice through the Linguistic Intergroup Bias: second Language confidence and Identity among Minority Group Member", *Divertité Urbaine*, vol. 1, pp. 109-130, 2008.
- [8] T. F. Pettigrew, "Tensions between the law and social science: An expert witness view". In E. E. OR, *Schools and the courts: Desegregation*, Clearinghouse for Educational Management, University of Oregon, vol. 1, 1979.
- [9] G. R. Semin and K. Fiedler, The cognitive functions of linguistic categories in describing persons: Social cognition and language, *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 54, no. 4, pp. 558-568, 1988.
- [10] M. M. Tinchér, L. A. M. Lebois, and L. W. Barsalou, "Mindful Attention Reduces Linguistic Intergroup Bias", *Mindfulness*, vol. 7, no. 2, pp. 349-360, 2016.
- [11] G. R. Semin and K. Fiedler, "The linguistic category model, its bases, applications and range", *European Review of Social Psychology*, vol. 2, no. 1, pp. 1-30, 1991.
- [12] M. Dambrun, Les différentes mesures implicites cognitives de préjugés et de stéréotypes, In: M. Dambrun and S. Guimond (Eds.), *Cahiers Internationaux de Psychologie Sociale*, 57, pp. 52-73, 2003.
- [13] W. Von Hippel, D. Sekaquaptewa, and P. Vargas, "The Linguistic Intergroup Bias as an Implicit Indicator of Prejudice", *Journal of Experimental Social Psychology*, vol. 33, pp. 490-50, 1997.
- [14] A. Nugier, P. Niedenthal, and M. Brauer, « Influence de l'appartenance groupale sur les réactions émotionnelles au contrôle sociale », *L'année Psychologique*, vol. 109, pp. 61-81, 2009.
- [15] S. E. Asch, "Effects of group pressure upon the modification and distortion of judgments, In: H. Guetzkow (Ed.), *Groups, Leadership and Mbn*, Carnegie Press, 1951.
- [16] Y. Assilaméhou-Kunz and B. Testé, The effects of linguistic abstraction on evaluations of the speaker in an intergroup context: Using the linguistic intergroup bias makes you a good group member, *Journal of Experimental Social Psychology*, vol. 49, pp. 113-119, 2013b.
- [17] G. A. Messanga, Effet de la scolarisation des élèves issus de familles francophones dans le sous-système éducatif anglophone sur l'identité sociale anglophone: une analyse dans la perspective théorique de la menace intergroupe. In: A.

- E. Ebongue, and A. Djoum Nkwescheu (dir.), *L'insécurité linguistique dans les communautés anglophone et francophone du Cameroun*, L'Harmattan, pp. 251-274, 2018.
- [18] G. A. Messanga and A. V. Dzuetso Mouafo, « Contact intergroupe et préjugés à l'égard des anglophones en milieu universitaire bilingue et monolingue francophone au Cameroun », *nká' Lumière*, vol. 12, pp. 179-202, 2014.
- [19] R. Strahan and K. C. Gerbasi, "Short, homogenous versions of the Marlowe-Crowne Social Desirability scale", *Journal of Clinical Psychology*, 28, 191-193, 1972.
- [20] C. Stangor, G. B. Sechrist, and J. T. Jost, "Changing racial beliefs by providing consensus information", *Personality and Social Psychology Bulletin*, vol. 27, no. 4, pp. 486-496, 2001.

## Fictionner, construire et déconstruire pour un monde Allochronotope: A la recherche de la dimension perdue

### [ Fictionalize, construct and deconstruct for an Allochronotopic world: In search of the lost dimension ]

*Mohamed Ali Chtioui and Hamedh Djedidi*

Docteur en Esthétiques et Pratiques des Arts, Mention: Théories du Design, Unité de Recherche: Esthétiques et Pratiques des Arts UR 13ES57, Institut supérieur des Beaux-arts de Sousse, Tunisia

---

Copyright © 2020 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:** Questioning the relationship between design and citizenship is by no means a contemporary issue. Since the industrial revolution, design has never ceased to be at the heart of a multiple debate, navigating between political, aesthetic, ecological and societal discourses. Discussing this relationship between design and citizenship therefore amounts to studying the various approaches that contribute to making design a citizen project, or even an activist project.

It is an open invitation between designers and citizens, in order to make and perfect the world, to imagine a common future, a habitable world for all, and a new utopia both individual and collective.

For this, classic design approaches seem to be lost in the face of the challenges that our world is encountering, and we know that for each challenge, for each problematic, new methods and new reflections are needed, but also knowing how to deconstruct in order to build better.

**KEYWORDS:** Allochronotope, contributory design, social design, activist design, design fiction.

**RESUME:** Questionner la relation entre le design et la citoyenneté n'est en aucun cas une question d'ordre contemporain. Depuis la révolution industrielle, le design n'a jamais cessé d'être au cœur d'un débat multiple, naviguant entre discours politiques, esthétiques, écologiques et sociétaux. Discuter donc ce rapport entre le design et la citoyenneté, revient à étudier les diverses approches contribuant à faire du design un projet citoyen, voire même un projet activiste.

Il s'agit d'une invitation ouverte entre designers et citoyens, afin de faire et parfaire le monde, d'imaginer un futur commun, d'un monde habitable pour tous, et d'une nouvelle utopie à la fois individuelle et collective.

Pour cela, les approches classiques du design semblent se perdre face aux défis que notre monde est en train de rencontrer, et nous savons que pour chaque défi, pour chaque problématique il faudrait de nouvelles méthodes et de nouvelles réflexions, mais aussi de savoir déconstruire afin de mieux construire.

**MOTS-CLEFS:** Allochronotope, design contributif, design social, design activiste, design fiction.

#### 1 INTRODUCTION:

Face aux crises que traverse le monde, le designer semble porter une mission non négligeable: celle de dresser le bilan, revoir ses actions et ses approches, ainsi, les redessiner afin de proposer un présent profitable à tous, plus éthique et plus conscient.

Partant de ce constat, les designers devraient travailler en étroite collaboration avec les autres acteurs des sciences, dures ou humaines, en dehors de la définition « moderniste » du design, qui nous semble limitée: il ne s'agit pas d'une pratique de stylisme d'objets dits « fonctionnels », pratiquée par quelques personnes issues d'écoles spécialisées, mais bien plutôt d'un design plus « contributif » [Stiegler, 2008] <sup>1</sup>.

Le mouvement vers un design qui sert comme moteur d'innovation sociale fait partie d'une expansion plus générale du rôle du design dans la société. L'inquiétude suscitée par les formulations des conceptions postindustrielles plus ou moins étroites, a laissé naître un nouveau paradigme de la conception « au-delà de l'objet ».

L'accent mis auparavant sur la forme matérielle ou la fonction technique d'un produit, s'est déplacé pour englober une gamme plus large de mouvements de design, qualifiés comme « durables », « critiques » ou « sociales », articulant des sujets et des préoccupations qui sont socialement et politiquement engagées.

## 2 LE DESIGN AU SERVICE DES COMMUNAUTÉS

L'innovation sociale à travers le design, marque un changement significatif dans la gestion des problèmes et des solutions sociales, ainsi qu'une altération potentiellement profonde des relations qui relient l'État aux citoyens. Il s'agit donc de fonder de nouvelles relations et connexions entre celui qui commande, celui qui crée et celui qui utilise le produit.

C'est donc une question de savoir comment, par et pour qui réorganiser les systèmes sociaux, économiques et écologiques à travers le design. Pour cela, il existe différentes façons de traiter ces questions profondément politiques: les ordres sociaux sont produits ou construits de différentes façons – avec des différentes implications sur la façon dont la société peut être reconfigurée de l'intérieur vers l'extérieur, de l'individu vers le collectif, à travers des outils, des scénarii et des moyens propres au design.

Au moment où le design industriel propose des objets qui accélèrent la destruction des relations humaines à travers les nouvelles technologies, effacer ce qui fait l'essence même de l'être humain. Cela représente une disruption qui semble être orchestrée [Stiegler, 2016]. Nous trouvons un autre modèle proposé par Le SCD [Dunne, Raby. 2013] <sup>2</sup>, qui, lui, ne cesse de proposer d'autres alternatives, produits hypothétiques et expérimentations, utopies, atopies et scénarii allochronotopes [Haraway, 1991], invitant l'homme à se repositionner, en dehors des limites imposées par le temps et l'espace.

Même si ces approches ont réussi, dans un certain sens, à mettre en place un discours plus ou moins horizontal, entre celui qui pense, celui qui conçoit et celui qui utilise, le design est resté distant des objectifs mis en place par plusieurs protagonistes. La visée serait de mettre en place un design qui instaure l'équité aujourd'hui et demain.

Le SCD, quant à lui, est en train d'utiliser de nouveaux médias, afin d'instaurer un design d'activisme et de résistance, un design qui sort des convoitises du marché de consommation, en fonctionnant à travers des canaux alternatifs, vers un design total, collaboratif et prospectif.

Nous pouvons illustrer cela à travers les projets que le collectif Superflex est en train de mener depuis un certain nombre d'année, à l'instar du projet Guarana Power et le projet SuperGas. Deux projets réalisés à un coût réduit, et en étroite collaboration avec les communautés locales en Amérique de l'est et en Afrique. Avec une pratique diversifiée qui engage l'art, le design et l'économie, Superflex remet en question le rôle des artistes dans la société contemporaine.

Le projet Guarana Power a été conçu afin d'améliorer les conditions de vie des cultivateurs de la plante guarana de la région amazonienne centrale, en les aidant à trouver un marché alternatif pour leur produit; puisqu'il y a une main mise sur le marché des grains de cette plante par des multinationales qui achètent la majeure production à des prix très bas, ce qui conduit à détruire d'une façon radicale l'économie locale et à compromettre ainsi la durabilité de communautés entières.

Devant ce fait, les agriculteurs ont fait appel aux membres du groupe Superflex pour les aider à trouver une solution à travers la mise en place de plusieurs ateliers de réflexion. Pour résister au monopole des entreprises sur la matière première, il fallait trouver un moyen d'imaginer qui pourraient être vendus à travers des canaux alternatifs de distribution, à des coûts très réduits.

<sup>1</sup> STIEGLER Bernard, « Le « design » de nos existences : à l'époque de l'innovation ascendante » Fayard/Mille et une nuits, France. 2008.

<sup>2</sup> Speculative critical Design

Superflex a suggéré que les produits locaux fussent développés sans le recours à une technologie industrielle coûteuse. Et, pour cela, il fallait chercher d'autres alternatives de production, telles que des sculptures fabriquées manuellement à partir de poudre de guarana, des boissons gazeuses artisanales, de la glace guarana, ainsi qu'une variété de chocolats.



**Fig. 1.** Bouteille de Guarana Power, produite par le groupe Superflex avec la coopérative des cultivateurs de la Guarana en Amazonie

Cela a aidé à mettre en place une nouvelle plate-forme pour les producteurs de guarana, les aidant ainsi à vendre leurs récoltes à un juste prix, et ainsi trouver un nouvel équilibre social et économique.

Ici, le design est utilisé pour promouvoir une cause jugée juste, car le projet est une réaction au quasi-monopole des multinationales sur la production des produits dérivés de la guarana. Le produit est ainsi utilisé comme véhicule messager, pour raconter une histoire sur une situation spécifique.

Ainsi, les membres du groupe ont investi l'espace du marché comme étant un espace pour échanger les idées, défendre une cause, tout en mêlant l'art, le design, la politique, et l'économie à ce discours.

Dans le deuxième projet, « SuperGas », le collectif a examiné les méthodes de production d'énergie alternative, à partir de matières premières au Brésil, en Thaïlande et en Afrique, en remettant en question les structures économiques, énergétiques et écologiques existantes.

En 1996, Superflex avait commencé à collaborer avec des ingénieurs européens et africains pour construire une unité de biogaz simple, capable de produire suffisamment de gaz pour répondre aux besoins d'une famille vivante dans les zones rurales d'Afrique.

Le premier prototype du système SuperGas, a été installé dans une ferme en Tanzanie en collaboration avec l'organisation africaine SURUDE (Développement rural durable) en 1997. Ensuite, l'expérience s'est développée pour atteindre en 2001 la Cambodge, en 2002 la Thaïlande, en 2007 Zanzibar et en 2011 Mexico.

Ce projet est destiné à répondre aux besoins énergétiques tout en appréhendant les économies à petite échelle. Le biogaz est donc produit à partir de matières organiques, comme les selles humaines et animales. Ce système produit suffisamment pour répondre aux besoins énergétiques journaliers d'une famille de 8 à 10 membres.<sup>3</sup>



**Fig. 2.** Installation du prototype, sous forme d'un énorme ballon plein de déchets animaux, auquel est accrochée une lampe pour fournir l'éclairage

<sup>3</sup>Cf: [<http://www.superflex.net/tools/supergas/image/15#g>]

Les membres de Superflex décrivent leurs projets comme étant des outils d'expérimentation, invitant les acteurs à contribuer au développement de modèles économiques et sociaux alternatifs. Ces modèles ne sont pas que des « alternatives fictives » mais des modèles réels de comportement. Ils sont basés sur un intérêt spécifique visant un activisme social et économique.

Leurs projets sont fortement liés aux concepts d'activisme économique et démocratique, ainsi que l'auto-organisation de la production; soulevant des questions sur le rôle du designer dans la société contemporaine, en explorant la manière avec laquelle il pourrait engager ses activités dans un monde de plus en plus complexe.

### 3 DESIGN, CITOYENNETÉ ET FUTURS ALTERNATIFS

Comme nous l'avons noté précédemment, il est devenu nécessaire de trouver un mécanisme qui encourage la fondation d'une vision et d'une prise de responsabilité à long terme, ici le "long terme" pourrait être mesuré même en siècles, et c'est là que le terme « allochronotope »<sup>4</sup> affiche toute sa valeur, en nous permettant de penser en dehors des limites imposées par le temps et l'espace. Ceci afin de pouvoir déconstruire la réalité, l'analyser et la fictionner.

Nous avons vu à travers les exemples du collectif Superflex, que les designers peuvent bien collaborer avec les citoyens afin de produire à coût réduit, des projets et des produits profitables et équitables. Et nul ne peut nier que ces approches collaboratives portent bien leurs fruits. Cependant, ce qui attire notre attention par rapport au volet d'activisme à travers le design critique réside dans le potentiel fictif et prospectif véhiculé à travers d'autres projets, à l'instar du projet Hawaï 2050, réalisé par des designers avec la collaboration des communautés locales de Hawaï ainsi que le gouvernement en place en 2008.

Le projet Hawaii 2050 cherchait à planifier une vision pour le prochain demi-siècle de l'État. Cette stratégie déterminera la manière dont l'État gèrera une économie touristique, une population en augmentation, des frictions entre les cultures et surtout, un climat et un environnement de plus en plus instables.

Il faut noter que, 36 ans auparavant, des futuristes et des designers avaient imaginé des scénarii pour Hawaii 2000, allant de l'utopie à la catastrophe. Malheureusement, les législatures avaient ignoré les recommandations du projet et le monde réel hawaïen d'aujourd'hui correspond le mieux au monde quasi catastrophique imaginé et craint en 1970.

Ce nouveau projet a vu la participation de plus de 500 personnes, invitées à participer dans des expérimentations *in situ* organisées dans quatre salles « Orange, Marron, Silver, Bleue », ce qui les a permis de vivre d'innombrables futurs possibles imaginés. Cela était un catalyseur pour débattre ensuite des voies possibles, probables et préférables que pourrait emprunter Hawaii d'ici à 2050.

Dans la version « Orange », deux sociétés représentées chacune par un personnage, se disputaient le poste de gouverneur d'Hawaii dans le cadre d'un débat politique ouvert. C'était donc un scénario basé essentiellement sur une philosophie politique axée sur la démocratie participative.

Dans la salle « Marron », les participants sont invités à participer à un programme d'éducation civique, des exposés sur le rôle du biocarburant que chaque citoyen pourrait fabriquer chez lui, et cela parmi tant d'autres énergies renouvelables imaginées. Un effort concerté avait été fait pour réaligner les priorités politiques et environnementales, tout en misant sur une technologie respectueuse de l'environnement.

Dans le scénario « Silver », les participants ont pu visualiser le scénario d'un effondrement économique mondial post « pic-pétrolier » qui aurait conduit à la montée d'une société dirigée par l'armée. Les participants qui entrent dans cette scène sont présentés comme des réfugiés de petites îles du Pacifique disparaissant sous les océans émergents. Ces derniers seraient intronisés en tant que citoyens et sujets du soi-disant Royaume démocratique d'Hawaii.

La salle "Bleue" posait une sorte de singularité technologique: les participants forment un groupe de "*premods*" (personnes sans améliorations; naturels) qui sont abordés par le personnel du MBED, "*Dépôt pour l'amélioration du corps et de l'esprit*". Ils bénéficient d'une mise à niveau technologique gratuite afin de relever le GHI, ou *Global Happiness Index*.

<sup>4</sup> HARAWAY Donna. Simians, Cyborgs, and women. The reinvention of Nature. Edition Routledge, New York, 1991, p. 83.



Cela concernait un avenir où non seulement la société, mais aussi la définition même de l'humanité, avaient été transformées. Aucun de ces scénarii ne devait être pris pour préconiser ou prédire une voie particulière; le but était plutôt de promouvoir un sens élargi de ce que pourraient être les possibilités.

Les scénarii étaient immersifs, narratifs et expérientiels, les participants étaient entourés d'interprètes, il y avait des habillages de tournage, accessoires, paysages sonores, etc. Chaque pièce étant conçue comme une scène cohérente invitant les participants à se sentir transportés dans le temps.

Les quatre expériences ont suscité diverses réactions, allant du rire au malaise, et de la perplexité et à la passion. L'échange de valeurs, d'espoirs, de préoccupations, d'idées et d'intentions était significatif et sincère. En effet, environ 94% des personnes interrogées lors d'une enquête de fin de campagne ont indiqué que ces expériences avaient eu une incidence sur leur réflexion et leur volonté de prendre des mesures en conséquence.

Les discussions qui ont suivi ces expériences ont été animées par la présence des designers et futuristes, politiciens et scientifiques. Ils ont mené une discussion sur l'évolution historique de la méthodologie de scénarisation des futurs, la situation actuelle et les nouvelles variétés de scénarii immersifs. Tout cela consistait à provoquer le public et à l'encourager à réfléchir d'une manière créative, profonde et consciente à propos du futur commun des habitants de Hawaï.

Plutôt que d'essayer de prédire l'avenir le plus probable, les designers ont décrit des visions plausibles, convaincantes et cohérentes sur le plan interne et des histoires allant du présent vers des mondes futurs dans lesquels l'île pourrait se trouver. Ils ont présenté des perspectives sur la "démocratisation des avenirs", pour remplacer la "prévision de génie" véhiculé généralement par les multinationales.

L'intention était de donner aux gens une chance non seulement de considérer ces réalités potentielles comme étant des hypothèses intellectuelles, mais également de visiter physiquement et de s'investir émotionnellement dans celles-ci. Ainsi, cet ensemble d'immersions brèves mais provocantes, instanciant des hypothèses et des théories du changement très contrastées, constitue une voie rapide vers la fondation de nouveaux modèles mentaux et des conversations civiques de meilleure qualité, plus riches en imagination. Ici, le citoyen n'est plus un consommateur ou usager, il est aussi un acteur, actif et fondateur. Il est concepteur, il visualise, participe, donne son avis et crée ou déconstruit.

#### **4 CONCLUSION**

L'innovation sociale à travers le design implique des processus de transformation des liens entre les ressources et outils disponibles, acteurs du monde du design et ceux de la société. Cela produit des changements profonds dans ces systèmes sociaux et dans les systèmes de réflexion. En mettant en exergue la relation descendante de l'économie et de la politique vers le consommateur, et en invitant ce dernier à envisager une relation plus horizontale, il serait envisageable de mettre l'homme au centre de la réflexion, et d'en faire l'acteur principal d'un changement radical et positif.

Le design de l'innovation sociale n'est donc pas simplement une question de redéfinition et de modification de l'innovation commerciale, mais plutôt de remplacement des consommateurs dans les sociétés industrielles par des acteurs actifs dans le secteur social, ceci est une question profondément politique. Penser le design en rapport avec la citoyenneté permet donc d'appréhender les enjeux économiques, écologiques, sociétaux et politiques du design de manière à inscrire les contextes locaux dans une gouvernance à la fois équitable et universalisable.

Le design ne peut en aucun cas se suffire à sa position classique de concepteur d'espaces et de produits visuels agréables et ergonomiques. Il doit plutôt migrer vers d'autres positions et porter d'autres propriétés. Il devrait donc être un levier de changements sociaux, économiques, politiques profitables et équitables, que ce soit sur le court ou le long terme. Car lorsqu'on parle d'équité on doit aussi penser à l'équité intergénérationnelle et l'équité entre les sociétés même si le contexte actuel ne le permet pas.

Le design, sous ses différentes approches et méthodologies, en partant du design stratégique vers le design de fiction, en passant par la critique, l'activisme et la prospection, peut très bien répondre, d'une manière optimale, à de nombreux défis. Il suffit d'y croire, et d'imaginer un système de réflexion et de conception qui englobe tous les acteurs possibles, dans une plateforme d'entraide et d'interconnexion.

## REFERENCES

- [1] BERTRAND Gwenaëlle & FAVARD Maxime. 2017. *Poïétiques du design 4: conception, corps & fiction*. Edition l'Harmattan, Collection Esthétiques –Série ARS.
- [2] CANDY Stuart. 2010. Possible, probable, and preferable futures as subsets of possibility space. In: The futures of everyday life: politics and the design of experiential scenarios.
- [3] DUNNE, RABY. 2013. *Speculative Everything: Design, Fiction, and Social Dreaming*. The MIT Press.
- [4] DUFOUR, M. 1996. *Gilles Deleuze et Félix Guattari, Qu'est-ce que la philosophie ?* Paris, Éditions de Minuit. coll. «Critique».
- [5] GAUTHIER Philippe, PROULX Sébastien, et VIAL Stéphane. 2015. *Manifeste pour le renouveau social et critique du design*. Presses Universitaires de France.
- [6] HARAWAY Donna. 1991. *Simians, Cyborgs, and women. The reinvention of Nature*. Edition Routledge, New York.
- [7] LATOUR Bruno. 2008. *A Cautious Prometheus? A Few Steps, Toward a Philosophy of Design*. Keynote lecture for the Networks of Design, meeting of the Design History Society, Falmouth,.
- [8] Ray Hu. [En ligne]. 2017. *Narratives of a Near Future*. Geneva.
- [9] STIEGLER Bernard. 2008. *Le design de nos existences: à l'époque de l'innovation ascendante*. Edition Fayard/Mille et une nuits, France.
- [10] STIEGLER Bernard. 2016. *Dans la disruption, comment ne pas devenir fou ?* Editions LLL.
- [11] State of Hawai'i office of the auditor. 2008. [En ligne]. *Hawai'i 2050 Sustainability Plan - Ten Year Measurement Update*.
- [12] CANDY Stuart, DATOR Jim, DUNAGAN Jake. 2006, *Four Futures for Hawaii 2050*, Hawaii Research Center for Futures Studies, Department of Political Science, University of Hawaii at Manoa.

## Profil de l'offre des soins médicaux en milieu urbain africain: Cas de la ville de Goma à l'est de la RDC

### [ Urban health services profile in Africa settings: Goma city case in the east of the Democratic Republic of Congo ]

Jean-bosco Kahindo Mbeva<sup>1</sup>, Mitangala Ndeba Prudence<sup>2</sup>, Hermès Karemere<sup>3</sup>, Edgar Tsongo Musubao<sup>4</sup>, Ntabe Namegabe Edmond<sup>5</sup>, and Celestin Kimanuka<sup>6</sup>

<sup>1</sup>ULB Coopération, PADISS, Bureau de Goma, RDC; Université Officielle de Ruwenzori (UOR) (Butembo, RDC); Université Libre des Pays des Grands Lacs (ULPGL), Goma, Nord Kivu, RD Congo

<sup>2</sup>ULB Coopération, PADISS, Bureau de Goma (RDC); Université Officielle de Ruwenzori (UOR) (Butembo, RDC), Université Catholique de Bukavu (UCB), Bukavu, Sud Kivu, RD Congo

<sup>3</sup>Université Catholique de Bukavu (UCB), Bukavu, Sud Kivu, RD Congo

<sup>4</sup>ULB Coopération, PADISS, Bureau de Goma, RD Congo

<sup>5</sup>Université Libre des Pays des Grands Lacs (ULPGL), Goma, Nord Kivu, RD Congo

<sup>6</sup>Institut National de Statistiques-Direction du Nord Kivu; Goma, Nord Kivu, RD Congo

---

Copyright © 2020 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** *Introduction:* As part of a process to reorganize urban health services, this article analyzes the profile of health services in the eastern DRC city of Goma; the aim is to identify their distribution and level of medicalization. *Methods:* This descriptive and cross-sectional study conducted a comprehensive survey of health care facilities in the city of Goma in January 2018. Geographical and health data (infrastructure, equipment, human resources, care provided) were collected by professionals. They were encoded and analyzed using SPSS version 20 software. *Results:* The urban supply of care in Goma is too bloated with one facility for 8,794 inhabitants, one hospital bed for 326 inhabitants, one nurse for 586 inhabitants and one doctor for 2567 inhabitants. On the other hand, a lack of midwives, sub-equipment and infrastructure that does not meet hospital standards are observed. This health facilities, mainly privately lucrative (79%) with 56% of establishments created in the last 6 years, are variously distributed. The first-line care offer represents 34% and incorporates a medical practice in 43% of cases. *Discussion and Conclusion:* This provision of care requires strong regulation from the perspective of a better governed, streamlined and staggered urban health system, which better meets the quality standards and user's expectations in urban contexts.

**KEYWORDS:** Health service, urban context, regulation, Democratic Republic of Congo.

**RESUME:** *Introduction:* Dans le cadre d'un processus visant la réorganisation des services de santé urbains, cet article analyse le profil des services de santé dans la ville de Goma, à l'Est de la République Démocratique du Congo; l'objectif étant d'identifier leur distribution et leur niveau de médicalisation. *Méthodologie:* Cette étude transversale descriptive a procédé par une enquête exhaustive auprès des établissements de soins de la ville de Goma, en janvier 2018. Les données géographiques et sanitaires (infrastructures, équipements, ressources humaines, soins prestés) ont été collectées par des professionnels. Elles

ont été encodées et analysées grâce au logiciel SPSS version 23. *Résultats:* L'offre urbaine de soins à Goma est pléthorique avec un établissement pour 8.794 habitants, un lit hospitalier pour 326 habitants, un infirmier pour 586 habitants et un médecin pour 2567 habitants. En revanche, une carence en sages-femmes, un sous équipement hospitalier et des infrastructures répondant peu aux normes hospitalières sont notés. Cette offre de soins, principalement privée lucrative (79%) avec 56% d'établissements créés au cours de 6 dernières années, est diversement distribuée. L'offre de soins de la première ligne représente 34% et intègre une pratique médicalisée dans 43% des cas. *Discussion et Conclusion:* Cette offre de soins, requiert une forte régulation dans une perspective d'un réseau de santé urbain mieux gouverné, rationalisé et échelonné, qui réponde davantage aux standards de qualité et aux attentes des usagers en contexte urbain.

**MOTS-CLEFS:** Service de santé, contexte urbain, régulation, Goma, République Démocratique du Congo.

## 1 INTRODUCTION

Depuis les années 1950, le phénomène d'urbanisation s'accélère dans le monde, doublé de nombreux défis sanitaires, notamment en Afrique subsaharienne. D'après les estimations réalisées par les nations unies [1], environ 55% de la population mondiale vit en milieu urbain en 2018. En 2050 cette proportion devrait s'accroître jusqu'à 68% [1]. Selon les mêmes projections, la population urbaine est estimée à 43% en région africaine et avoisine les 50% en République Démocratique du Congo (RDC) [1]. Pour les prochaines années, la RDC, ensemble avec la Tanzanie et le Nigeria, figureront parmi les 10 pays qui enregistreront les plus fortes proportions des populations urbaines à l'échéance 2050 [2].

Les défis sanitaires en milieu urbain touchent à plusieurs déterminants, notamment ceux relatifs à l'environnement naturel et du bâti, à l'environnement socioéconomique, l'alimentation, la gestion des urgences sanitaires et l'organisation des services de santé et la gouvernance urbaines [3]. De nombreux cas de défaillances des systèmes d'assainissement et de précarité de l'habitat dans des bidonvilles qui regorgent jusqu'à 78,2% d'habitants urbains, ont été décrits dans des contextes urbains de pauvreté et de faiblesse de la gouvernance urbaine [4].

L'approche ville-santé, dont les valeurs et les principes d'équité, d'autonomie, de partenariat, de solidarité et de développement durable sont au cœur de l'action, a permis à de nombreuses villes de mettre en œuvre des politiques publiques saines au travers le monde. En revanche, la région africaine et la RDC en particulier, sont restées à la traîne par rapport à cette dynamique vertueuse. Par rapport à l'organisation des services de santé urbaine, les efforts d'adaptation des services aux particularités du contexte et à une demande urbaine sans cesse évolutive, demeurent insuffisants [5,6].

En RDC, les politiques et les normes d'organisation des services de santé basés sur les soins de santé primaires, héritées d'Alma-Ata et de l'expérience développée en milieu rural [7,8] sont appliquées indistinctement en milieux urbains et ruraux. Les particularités du contexte urbains ne sont pas assez prises en compte. Les normes prévoient par exemple que la première ligne de soins, soit constituée des centres de santé, à raison d'un centre de santé pour une aire de santé dont la population est estimée entre 5.000 et 10.000 habitants; chaque centre de santé est placé sous la responsabilité d'un personnel infirmier. Le paquet des soins comprend des soins curatifs, préventifs, promotionnels et de réadaptation. Les accouchements font systématiquement partie de ce paquet. La participation communautaire est basée sur un comité de santé et un réseau de relais communautaires élus au niveau des différents villages [9]. En milieu rural, ces normes paraissent globalement acceptables à certains points de vue. Cependant, certains aspects posent question, notamment en milieu urbain. Comment pourrait-on espérer que le personnel infirmier de première ligne puisse assumer avec efficacité la fonction de diagnostic, dans un contexte transition épidémiologique, marquée par une prévalence croissante de maladies chroniques et non transmissibles [10,11] et face à une population de plus en plus instruite et exigeante [12] ? La notion d'aire de santé, comme paramètre de définition de la population de responsabilité, demeure-t-elle pertinente dans un contexte de mobilité urbaine et d'une offre alternative possible et parfois pléthorique ?

Dans certains pays, certaines innovations ont été introduites dans l'organisation des services de santé en milieu urbain. Au Mali par exemple, un processus pensé et encadré de pratique médicalisée au niveau de la première ligne de soins avait été initié depuis les années 1980 [13]. Motivée au départ par le souci de pallier le risque de chômage des médecins, l'évaluation commanditée par l'OMS en 2010 de cette initiative [14], a montré que cette pratique médicalisée renforçait l'acceptabilité et la qualité des soins de première ligne de soins.

Les défis d'organisation des services de santé urbains en vue d'une meilleure congruence par rapport aux attentes de la population urbaine sont réels. De plus en plus, certains acteurs du système de santé de la RDC se rendent compte des limites des politiques et des normes actuelles face à cette dynamique d'urbanisation galopante. A titre illustratif, la stratégie de

renforcement du système de santé de la RDC (SRSS) publiée en 2006 par le Ministère de la santé [15] avait clairement marqué son ouverture à la mise en place des normes d'organisation des services de santé adaptées au contexte urbain.

Des politiques et des normes d'organisations adaptés au contexte ne sauraient être élaborées de manière pertinente, sans un minimum d'analyse de l'offre existante en milieu urbain. En 2010, une étude menée à Lubumbashi, une mégapole au sud-Est de la RDC avait permis de mettre en évidence une diversité d'acteurs dans l'offre urbaine de soins, la marginalisation de l'Etat au niveau de l'offre des soins de première ligne et une tendance à sa médicalisation [16]. A ce jour, peu d'études se sont intéressées à cette problématique dans d'autres villes de la RDC, un vaste pays caractérisé par une grande diversité de ses villes et population.

Pour répondre à cette préoccupation et contribuer à une meilleure compréhension des particularités de l'offre urbaine des soins en RDC, une étude plus globale axée sur les services de santé urbains et les itinéraires des patients dans la ville de Goma, au Nord Est de la RDC a été commanditée. Initiée en 2017, cette étude avait pour objet d'identifier le profil de cette offre, d'en repérer les éventuels points de faiblesses, avec une finalité d'alimenter le processus d'ajustement des politiques et des normes d'organisation des services de santé urbains en RDC.

Le présent article concerne le volet de l'offre de soins dans la ville de Goma, à l'Est de la RDC. Il se propose d'analyser l'offre des soins, l'objectif étant d'en déterminer la distribution et le niveau d'intégration de la pratique médicalisée au niveau de la première ligne des soins.

## **2 METHODOLOGIE**

IL s'est agi d'une étude transversale descriptive. Elle a été réalisée sous forme de recensement exhaustif des établissements de soins opérationnels dans la ville de Goma, quelle que soit leur appartenance et leur statut.

### **CONTEXTE INSTITUTIONNEL ET LIEUX D'ÉTUDE**

Cette étude a été menée dans la ville de Goma, capitale de la province du Nord Kivu, au Nord-Est de la République Démocratique du Congo (RDC). Depuis Alma Ata, la politique sanitaire de la RDC est basée sur les soins de santé primaires et le district de santé. Le système de santé, comprend trois échelons: un échelon opérationnel constitué des zones de santé, districts de santé selon l'acception de l'OMS, un échelon intermédiaire dont la principale fonction est le soutien au développement des zones de santé, et un niveau central, en charge de l'élaboration des politiques et des normes sanitaires nationales. Par rapport au système des soins, les Centres de Santé (CS) ensemble avec les Hôpitaux Généraux de Référence (HGR) primaire correspondent à l'échelon opérationnel, les hôpitaux de référence secondaire correspondent au niveau intermédiaire ou provincial, tandis que les hôpitaux de référence tertiaire et les hôpitaux universitaires correspondent à l'échelon central. A ces établissements conventionnels de soins s'ajoutent bien d'autres catégories diversifiées, aux trois échelons, particulièrement en milieu urbain.

La ville Goma, chef-lieu de la province du Nord Kivu à l'Est de la RDC est une ville touristique, située entre le Parc de Virunga au Nord-Ouest, le lac Kivu au Sud et le Rwanda à l'Est. Büscher [17, 18] et Vlassenroot [19] décrivaient Goma comme une ville frontalière caractérisée par des dynamiques, teintées de luttes pour le contrôle politique, économique et social, avec des implications régionales. Sa population s'est considérablement accrue au cours de ces vingt dernières années de suite de l'exode rural secondaire aux troubles armés quasi endémiques et à son attractivité. Elle offre plusieurs opportunités d'emplois formels au sein d'organisations non gouvernementales, humanitaires et Onusiennes et d'emplois informels. Elle comptait près d'un million d'habitants en 2017 (tableau 1). Plus de 80% de sa population vit du secteur informel et son niveau de précarité contribue à l'accroissement des bidonvilles dans certains quartiers périphériques.

Dans la ville de Goma, fonctionnent deux zones de santé urbaines (Goma et Karisimbi) et une partie urbaine de la zone de santé urbano-rurale de Nyiragongo (tableau 1). Elle est subdivisée en 29 aires de santé (tableau 1), correspondant aux centres de santé intégrés aux soins de santé primaires selon le concept d'Alma Ata.

**Tableau 1.** *Distribution des populations et des aires de santé par zones de santé dans la ville de Goma, Nord Kivu, République démocratique du Congo, année 2017*

| Zones de santé | Nb aires de santé | Nb CS     | Nb HGR   | Population totale en 2017 | Proportions (%) |
|----------------|-------------------|-----------|----------|---------------------------|-----------------|
| Goma           | 10                | 10        | 1        | 267947                    | 28,2            |
| Karisimbi      | 16                | 16        | 1        | 537647                    | 56,6            |
| Nyiragongo     | 3*                | 3*        | 0        | 144136*                   | 15,2            |
| <b>Total</b>   | <b>29</b>         | <b>29</b> | <b>2</b> | <b>949730</b>             | <b>100,0</b>    |

\*Partie urbaine de la zone de santé

#### LA CARTE SANITAIRE, COMME OUTIL D'ANALYSE DE L'ADÉQUATION DE L'OFFRE DES SOINS

La carte sanitaire est un outil permettant de visualiser la distribution des services de santé par rapport à la population desservie, dans un espace géographique bien déterminé (pays, province, district de santé, une ville, etc...). L'adéquation des services de santé peut être appréciée au travers une analyse de type carte sanitaire. Les villes étant marquées par des dynamiques particulières des populations et des services de santé, une étude de type carte sanitaire peut constituer un puissant révélateur de la cohérence ou pas des politiques publiques et de la régulation des services de santé. L'étude menée à Goma s'est inscrite dans cette logique d'analyse de type carte sanitaire, en référence aux normes de l'OMS sur les ressources humaines de santé et aux normes congolaises en matière d'infrastructures, d'équipements et de prestations en santé [9].

#### COLLECTE DES DONNÉES

La population d'étude était constituée par toutes les structures de soins, publiques et privées qui fonctionnaient dans la ville de Goma pendant la période d'enquête.

La collecte des données avait été réalisée en janvier 2018, selon un protocole de recherche élaboré par l'équipe d'ULB Coopération du Projet d'Appui au Développement Intégré du Système de Santé (PADISS en sigle) au Nord Kivu. Les données collectées concernaient, pour chaque établissement de soins, l'infrastructure, les équipements, le profil de ressources humaines, les prestations et la pratique médicalisée et les données géographiques. Les données sur les infrastructures étaient collectées par observation, par la prise des mesures sur les dimensions des locaux et la consultation du plan et du rapport de construction. Les données sur les ressources humaines, les prestations et la pratique médicalisées étaient collectées par triangulation des données de différentes sources (entretien auprès du responsable de l'établissement, consultation des rapports d'activités, des registres des activités et des fiches de présence du personnel au service).

Le tableau 2 ci-dessous fournit quelques détails sur les variables et sur certaines normes de référence.

**Tableau 2. Variables de l'étude sur l'offre de soins dans la ville de Goma, RDC, janvier 2018**

| Domaines                                      | Variables pour lesquelles les données ont été collectées                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Quelques normes de référence en lien avec les normes sanitaires en RDC                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>A. Variables sanitaires</b>                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 1. Identification de l'établissement de soins | Dénomination, catégorisation officielle, appartenance (étatique, privé confessionnel, privé lucratif, autre), année de création, adresse physique, documents administratifs (existence, à jour)                                                                                                                                                                          | Documents: (1) Demande d'exploitation, (2) Procès-verbal d'enquête sanitaire DPS, (3) Procès-verbal d'enquête Commodo incomodo, (4) Avis d'exploitation, (5) Autorisation d'ouverture, (6) Permis d'ouverture.                                                                                |
| 2. Ressources humaines                        | Effectifs de ressources humaines (par sexe, prestation permanente ou vacation partielle, catégories professionnelles (médecin spécialiste, médecin généraliste, infirmier, sage-femme, pharmacien, gestionnaire, dentiste, anesthésiste, ...))                                                                                                                           | 1 médecin pour 10.000 habitants<br>1 infirmier pour 5.000 habitants<br>1 sage-femme pour 3.000 habitants                                                                                                                                                                                      |
| 3. Infrastructure sanitaire                   | Pour chaque service, nombre de locaux, matériaux de construction, superficie de chaque local, hauteur en m, superficie en m <sup>2</sup> , type de pavé, enduit des murs, nombre points d'eau, nombre points lumineux, accès par ambulance, clôture de l'établissement                                                                                                   | Murs en briques ou bloc ciment, plafond à 3 m, Consultations: 15m <sup>2</sup> , 1 point d'eau<br>Salle accouchement: 40m <sup>2</sup> minimum, faïence aux murs, pavé carrelé, 1 point d'eau<br>Salle d'opérations: 36 m <sup>2</sup> minimum, faïence aux murs, pavé carrelé, 1 point d'eau |
| 4. Equipements bio médicaux                   | Nombre en bon état et fonctionnel, nombre en mauvais état (lits montés, lits répondants aux normes, table d'examen, table gynécologique, table opératoire, microscope, échographe, appareil radiologique, ...)                                                                                                                                                           | Quantité minimale selon norme (liste) du Ministère de la santé de la RDC<br>Lit hospitalier normé: métallique, sommier amovible, 6m <sup>2</sup> par lit.<br>Lit fonctionnel: lit hospitalier normé dispose de matelas couverts de housses lavables.                                          |
| 5. Prestations de l'établissement de soins    | Prestations réalisées ou pas et si oui, le nombre de cas en 2017 pour les consultations infirmières, les consultations médicales, les consultations spécialisées, les examens de laboratoires, les examens d'imagerie, les accouchements eutociques, les accouchements dystociques, les césariennes, les interventions chirurgicales, les entrées en hospitalisations... | Structure de premier échelon: moins de 8 lits montés.<br>Un établissement de soins du premier échelon pour 10.000 habitants<br>Un hôpital de référence primaire pour 100.000 habitants                                                                                                        |
| <b>B. Variables géographiques</b>             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 6. Géographique                               | Longitude, latitude, altitude                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

La collecte des données avait été réalisée par 18 enquêteurs, recrutés par la Direction provinciale de l'Institut National de la statistique du Nord-Kivu (INS Nord-Kivu) et la Direction provinciale de l'Institut Géographique du Congo du Nord-Kivu (IGC Nord-Kivu). Ces enquêteurs ont été préalablement formés sur la collecte des données trois jours durant. Le profil des enquêteurs était constitué des gestionnaires des services de santé (N=3), des infirmiers (N=3), des statisticiens (N=2), des géographes (N=2), de démographe (N=1), de médecin (N=1) et d'autres profils (N=6). Les données sanitaires (administratives, personnels, infrastructures, équipements, prestations) ont été collectées sur un questionnaire papier, tandis que les données géographiques (longitude, latitude, altitude) ont été collectées sur fiche numérique sur tablette, en ayant recours à l'outil Kobotoolbox. La durée médiane (minimum – maximum) de collecte dans une formation sanitaire était de 50 (4 – 391) minutes (n =310).

Les 324 formations sanitaires retrouvées dans la ville de Goma avaient fait l'objet de l'enquête.

#### ANALYSE DES DONNÉES

Les données ont été saisies et analysées à l'aide du logiciel SPSS (Statistical Package for Social Sciences) version 23.

En référence aux normes sanitaires en RDC (2006) [9], ont été considérées comme formations sanitaires du premier échelon tous les établissements de soins disposant de moins de 8 lits montés. Toutes les formations sanitaires disposant d'au moins un spécialiste pour chacun de quatre services de base (médecine interne, chirurgie, gynécologie obstétrique et pédiatrie), d'un service d'imagerie avec appareil radiologique et échographe et d'au moins 50 lits montés, ont été considérées comme étant du troisième échelon de soins. Toutes les autres formations sanitaires ont été assimilées au deuxième échelon.

Les comparaisons des proportions ont été faites avec le test du Chi-carré de Pearson ou le test exact de Fisher, selon le nombre de sujets par cellule. Pour évaluer les paramètres de la carte sanitaire, toutes les formations sanitaires ont été prises en considération. Le seuil de signification considéré a été de 0,05.

#### CONSIDÉRATIONS ÉTHIQUES

L'étude a été conduite selon un protocole de recherche qui a été soumis préalablement au comité d'éthique de l'Université Libre des Pays des Grands Lacs (ULPGL) de Goma. Son approbation a été accordée par la lettre du comité d'éthique du 13 aout 2017. Les résultats de l'étude ont été présentés et validés dans un atelier regroupant les décideurs et les acteurs du niveau provincial et opérationnel du secteur de la santé dans la ville de Goma.

### 3 RESULTATS

En janvier 2018, l'offre urbaine de soins à Goma était pléthorique avec un établissement de soins pour 8.794 habitants, un lit hospitalier pour 326 habitants, un infirmier pour 586 habitants et un médecin pour 2.567 habitants. Cependant, une carence en sages-femmes était notée, avec un ratio d'une sage-femme pour 19.786 habitants.

#### 3.1 PROFIL INSTITUTIONNEL DES ÉTABLISSEMENTS DES SOINS

Près de 8 sur 10 établissements de soins (79%) dans la Ville de Goma étaient privées lucratives ou privées associatives. Les structures de soins étatiques représentaient moins de 10% de l'offre des soins, pour toutes les zones de santé de la ville de Goma (tableau 3).

**Tableau 3.** *Distribution d'établissement des soins par zones de santé selon leur appartenance dans la ville de Goma, République Démocratique du Congo, janvier 2018*

| Appartenance des structures de soins | Zone de santé Goma (n=92) | Zone de santé Karisimbi (n=187) | Zone de santé Nyiragongo (n=39) | Ville de Goma (n=318) |
|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| Privé lucratif (%)                   | 49                        | 69                              | 82                              | 65                    |
| Privé associatif (%)                 | 22                        | 12                              | 10                              | 14                    |
| Privé confessionnel (%)              | 15                        | 11                              | 0                               | 11                    |
| Etatique (%)                         | 9                         | 7                               | 8                               | 8                     |
| Entreprise publique (%)              | 5                         | 1                               | 0                               | 2                     |
| <b>Totaux (%)</b>                    | <b>100</b>                | <b>100</b>                      | <b>100</b>                      | <b>100</b>            |

Rapportée aux aires de santé (n=29) et à la population (n=949.730), cette offre de soins représentait dix structures de soins par aire de santé et un établissement de soins pour 3.044 habitants.



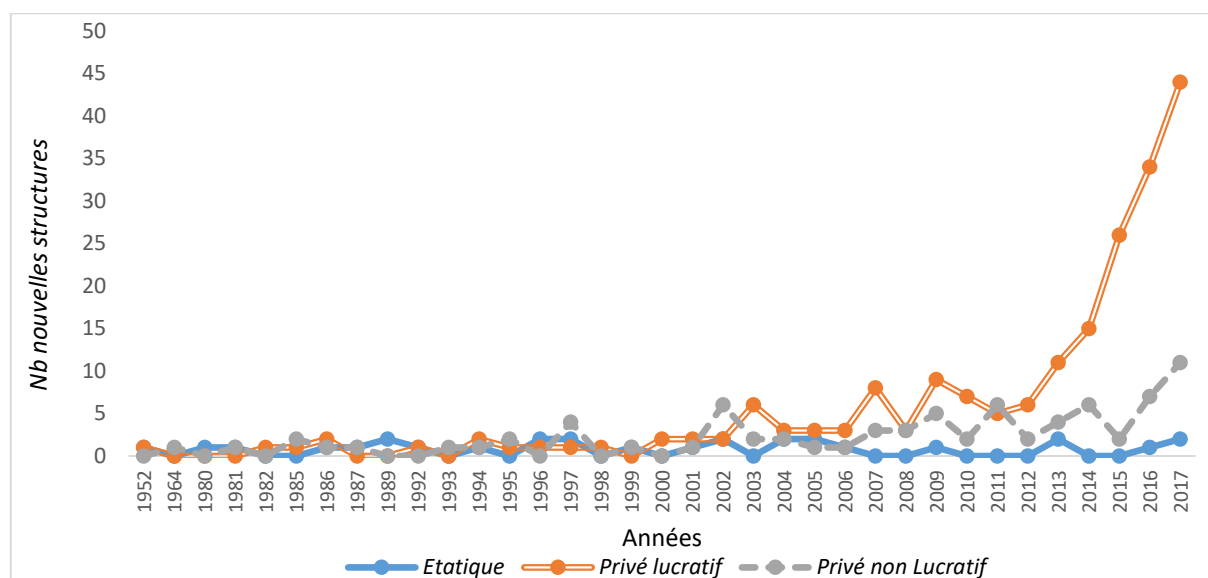


Fig. 1. Evolution de la création des établissements de soins, Ville de Goma, République Démocratique du Congo, 1952 à 2017

Comme le montre la figure 1, les structures de soins existantes en janvier 2018, dataient, pour les plus anciennes des années 1952. Depuis les dix dernières années, un accroissement dominé par l'offre de soins privée lucrative était noté, plus marqué au cours des quatre dernières années.

### 3.2 ÉCHELONNEMENT DES ÉTABLISSEMENTS DE SOINS

En janvier 2018, l'offre des soins dans la ville de Goma était dominée par l'échelon intermédiaire, assimilé au deuxième échelon (tableau 4).

Tableau 4. Distribution des établissements de soins par zones de santé selon les échelons dans la ville de Goma, République Démocratique du Congo, janvier 2018

| Echelons      | Goma (n=92) | Karisimbi (n=187) | Nyiragongo (n=39) | Ville de Goma (318) |
|---------------|-------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| Premier (%)   | 34          | 35                | 31                | 34                  |
| Deuxième (%)  | 62          | 65                | 69                | 65                  |
| Troisième (%) | 4           | 0                 | 0                 | 1                   |
| Total (%)     | 100         | 100               | 100               | 100                 |

Cette offre de soins était plus organisée par les opérateurs du secteur privé, pour les 3 échelons de soins (tableau 5).

Tableau 5. Distribution des établissements de soins par échelons selon leur appartenance dans la ville de Goma, République Démocratique du Congo, janvier 2018

| Echelonnement des établissements de soins | Publics (%) | Privés (%) | p      |
|-------------------------------------------|-------------|------------|--------|
| Premier échelon (n=109)                   | 4,6         | 95,4       | 0,029* |
| Deuxième échelon (n=206)                  | 12,6        | 87,4       |        |
| Troisième échelon (n=4)                   | 25,0        | 75,0       |        |

\* Test exact de Fisher

### NOMBRE D'HABITANTS PAR FORMATION SANITAIRE DE PREMIER ÉCHELON

Le tableau 5 illustre le nombre moyen d'habitants par formation sanitaire de premier échelon. En moyenne, le nombre d'habitants par formation sanitaire de premier échelon était de 8.794 dans la ville de Goma en janvier 2018. De manière

particulière, dans la Zone de Santé de Nyiragongo cet indice dépassait la norme de 10.000 habitants par formation sanitaire de premier échelon en République Démocratique du Congo (tableau 6).

**Tableau 6.** *Nombre d'habitants par formation sanitaire (Fosa) de premier échelon dans la ville de Goma, République Démocratique du Congo, janvier 2018*

| Zone de santé | Population totale | Nombre Fosa de premier échelon | Nombre d'habitants par fosa de premier échelon |
|---------------|-------------------|--------------------------------|------------------------------------------------|
| Goma          | 267947            | 31                             | 8643                                           |
| Karisimbi     | 537647            | 65                             | 8271                                           |
| Nyiragongo    | 144136            | 12                             | 12011                                          |
| <b>Total</b>  | <b>949730</b>     | <b>108</b>                     | <b>8794</b>                                    |

### 3.3 INDICATIONS DE QUALITÉ DES SERVICES DE SANTÉ

Dans l'ensemble, les structures de soins comptaient 5.246 lits montés, dont 2.913 (55,5%) étaient métalliques et répondant aux normes, soit 326 habitants par lit normé. L'indice du nombre d'habitants par lit répondant aux normes du ministère de la santé était variable (respectivement 149 habitants à Goma, 511 habitants à Karisimbi et 2.151 habitants à Nyiragongo par lit normé).

Selon l'appartenance des structures de soins, le nombre médian de lits normés montés par structure de soins était plus élevé au niveau des établissements étatiques du deuxième et troisième échelon de soins (tableau 7).

**Tableau 7.** *Distribution de lits répondant aux normes du ministère de la santé selon l'appartenance des structures de soins de deuxième et troisième échelon dans la ville de Goma, République Démocratique du Congo, janvier 2018*

| Nombre de lits fonctionnels | Médiane (Min -Max) | P     |
|-----------------------------|--------------------|-------|
| Structures étatiques (n=32) | 15 (0-281)         | 0,002 |
| Structures privées (n=287)  | 9 (0-330)          |       |

Pour les structures de 2<sup>ème</sup> et troisième ligne, la proportion de lits hospitaliers répondant aux normes du ministère de la santé était significativement plus élevée [0,72 (0-1)] au sein des établissements publics comparativement aux établissements non publics [0,00 (0-1)] ( $P < 0,001$ ).

La superficie moyenne dédiée à un lit hospitalier monté était plus élevée au sein des établissements privés, comparativement aux établissements étatiques (tableau 8).

**Tableau 8.** *Superficie par lit d'hospitalisation dans les structures de soins de deuxième et troisième échelon selon leur appartenance dans la ville de Goma, République Démocratique du Congo, janvier 2018*

| Appartenance des structures | Moyenne (déviations standard (m <sup>2</sup> /lit)) | P     |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------|-------|
| Structures étatiques (n=26) | 3,1 (1,2)                                           | 0,007 |
| Structures privées (n=148)  | 4,0 (1,6)                                           |       |

La proportion des salles d'opération répondant aux normes d'infrastructures du ministère de la santé était très basse, tant pour les établissements de soins étatiques que les établissements de soins privés, quand on considère la structure (en dur) et le revêtement des murs (faïence), le pavage (carrelage) et la superficie (36 m<sup>2</sup>) (tableau 9).

**Tableau 9.** *Distribution des salles d'opérations répondant aux normes du ministre de la santé dans les structures du deuxième et troisième échelon selon leur appartenance dans la ville de Goma, République Démocratique du Congo, janvier 2018*

| Appartenance des structures de deuxième et troisième échelon | Proportion de salles d'opérations normées | P     |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------|
| Structures étatiques (n=5)                                   | 20,0                                      | 0,18* |
| Structures privées (n=50)                                    | 2,0                                       |       |

\* Test de Fischer Exact

En ajoutant les normes en termes de disponibilité permanente d'eau et de l'énergie électrique, aucune salle d'opération fonctionnant dans la ville de Goma en janvier 2018 ne répondait aux normes du ministère de la santé.

#### LES SALLES D'ACCOUCHEMENTS

Aucune salle d'accouchement ne répondait aux normes (n = 187). En prenant compte les seuls critères relatifs aux matériaux de construction, au revêtement des murs, au pavement et aux dimensions minimales, seules les deux maternités (n = 187), appartenant toutes aux confessions religieuses étaient dans la conformité. L'approvisionnement en eau courante est le critère ayant fait défaut dans les deux maternités afin qu'elles répondirent complètement aux normes.

#### LA FONCTIONNALITÉ DES APPAREILS INDISPENSABLES POUR LES SOINS OBSTÉTRICAUX D'URGENCE

Hormis pour la table d'examen et la table d'accouchement, les proportions des équipements de base fonctionnels, indispensables pour prêter des soins obstétricaux d'urgence de qualité étaient globalement basses, aussi bien pour les établissements étatiques que pour les établissements privés (tableau 10).

**Tableau 10.** *Fonctionnalité des équipements médicaux dans les établissements de soins en fonction de leur appartenance dans la ville de Goma, République Démocratique du Congo, janvier 2018*

| Type d'appareils biomédicaux fonctionnels | Appartenance des structures de soins |             | p      |
|-------------------------------------------|--------------------------------------|-------------|--------|
|                                           | Etatiques % (n)                      | Privé % (n) |        |
| Table d'examen                            | 100 (27)                             | 82,5 (183)  | 0,018* |
| Table d'accouchement                      | 81,5 (27)                            | 73,8 (183)  | 0,48   |
| Table opératoire                          | 14,8 (27)                            | 26,2 (183)  | 0,24   |
| Lampe scialytique                         | 7,4 (27)                             | 14,2 (183)  | 0,54*  |
| Appareil d'anesthésie                     | 7,4 (27)                             | 10,9 (183)  | 0,75*  |
| Appareil de radiographie                  | 3,7 (27)                             | 3,8 (183)   | 1,0*   |
| Appareil d'échographie                    | 18,5 (27)                            | 15,8 (183)  | 0,78*  |
| Concentrateur d'oxygène                   | 11,1 (27)                            | 14,2 (183)  | 1,0*   |
| Bistouri électrique                       | 7,4 (27)                             | 7,7 (183)   | 1,0*   |
| Spectrophotomètre de biochimie            | 7,4 (27)                             | 6,6 (183)   | 0,70*  |
| Microscope optique                        | 0,0 (27)                             | 6,0 (182)   | 0,37*  |
| Aspirateur                                | 22,2 (27)                            | 23,0 (183)  | 1,0    |

\* p du test exact de Fisher

Il en allait de même pour les appareils de diagnostic (tableau 11).

**Tableau 11.** *Fonctionnalité des appareils de diagnostic dans les établissements de soins en fonction de leur appartenance dans la ville de Goma, République Démocratique du Congo, janvier 2018*

| Nombre d'appareils de diagnostic fonctionnels | Appartenance public privé |                   | p    |
|-----------------------------------------------|---------------------------|-------------------|------|
|                                               | % Public (n = 27)         | % Privé (n = 183) |      |
| 0                                             | 0,0                       | 16,4              | 0,10 |
| 1                                             | 81,5                      | 65,0              |      |
| 2                                             | 7,4                       | 9,8               |      |
| 3                                             | 11,1                      | 5,5               |      |
| 4                                             | 0,0                       | 2,7               |      |
| 5                                             | 0,0                       | 0,5               |      |

### 3.4 PRATIQUE MÉDICALISÉE DANS LES ÉTABLISSEMENTS DE SOINS DE PREMIÈRE LIGNE

En janvier 2018, la pratique médicalisée au premier échelon de soins dans la ville de Goma était organisée en vacation partielle ou en en permanence. Dans l'ensemble un peu plus de 4 formations sanitaires de première ligne sur 10 (43%)

organisaient une pratique médicalisée. La proportion va crescendo de la zone de santé de Nyiragongo (33%) à la zone de santé de Goma (61%), en passant par la zone de santé de Karisimbi (35%).

En considérant l'appartenance des établissements de soins, la proportion d'établissements de soins du premier échelon ayant intégré la pratique médicalisée en leur sein, était plus élevée dans le secteur privé par rapport au secteur étatique, mais cette différence n'était pas statistiquement significative (tableau 12).

**Tableau 12.** *Pratique médicalisée permanente ou à vacation partielle dans les structures de premier échelon en fonction de leur appartenance dans la ville de Goma, République Démocratique du Congo, janvier 2018*

| Pratique médicalisée          | Permanente (%) | P  | Permanente et vacation partielle (%) | P     |
|-------------------------------|----------------|----|--------------------------------------|-------|
| Premier échelon public (n=5)  | 20,0           | 1* | 60,0                                 | 0,37* |
| Premier échelon privé (n=104) | 30,8           |    | 37,5                                 |       |

\* Test de Fischer Exact

#### 4 DISCUSSION

Cette étude avait pour objectif de déterminer la distribution des établissements de soins et le niveau d'intégration de la pratique médicalisée au niveau de la première ligne des soins dans la ville de Goma, à l'Est de la RDC. Les résultats de cette étude montrent une pléthore urbaine d'offre de soins, dominée par le secteur privé dont l'apparition est quasi exponentielle depuis les années 2012 et une pratique médicalisée au premier échelon pour plus de quatre formations sanitaires sur dix. Malgré cette pléthore d'offre, un décalage de plus de 90% de l'offre de soins par rapport aux normes d'infrastructures et d'équipements sanitaires est noté.

Cette étude comporte quelques limites qu'il importe de relever avant d'en discuter les principaux résultats. La première limite tient à l'exhaustivité du nombre d'établissements de soins ayant fait l'objet de cette étude. En effet, ces établissements de soins ont été pré identifiés et pré listés par les équipes de gestion des zones de santé. Leur effectif pourrait être sous-estimé, étant donné que certains établissements de soins fonctionnent dans la clandestinité, sans signe distinctif extérieur. La deuxième limite concerne les données sur la pratique médicalisée au niveau de la première ligne, qui pourrait être sous-estimée, vu que les acteurs savent qu'elle n'est pas formellement autorisée selon les normes du ministère de la santé en RDC. La troisième limite concerne l'effectif de la population de Goma, étant donné que le dernier recensement général de la population date de 1984 et que les données sur les naissances, les décès et les migrations seraient perfectibles. Enfin, notons que les aspects relatifs à la qualité des services n'ont été que partiellement abordés, car limités aux infrastructures et aux équipements.

En dépit de ces limites, les résultats de cette étude donnent des indications intéressantes, par rapport à la propension et aux dynamiques particulières que peuvent emprunter les services de santé urbains de Goma. Ces résultats portent à questionner sur l'adéquation des politiques et des normes établies par le régulateur du secteur santé en milieu urbain de la RDC. En effet la couverture sanitaire des populations urbaines par les structures sanitaires étatiques est insuffisante, mais compensée par des établissements sanitaires privées, que l'Etat peine visiblement à réguler. Une régulation pertinente ne saurait être implémentée par les autorités sanitaires en milieu urbain, sans une référence à des politiques et des normes contextualisées. Cette régulation pourrait s'avérer illégitime, aux yeux des habitants et de la patientèle urbaine. Cette carence de normes, la forte pression de la surproduction des jeunes médecins et d'autres professionnels de santé et l'assignation à des établissements des soins des recettes au budget de l'Etat, pourraient en partie expliquer cette tendance au laisser-aller de l'offre de soins en milieu urbain.





personnel soignant, et donc potentiellement exigeante en termes de choix des prestataires des soins. Dans ce contexte, la pratique médicalisée au niveau de la première ligne répondrait donc à une demande réelle d'accès direct au médecin pour des soins de premier contact avec le système de santé. Une étude évaluative de l'expérience de médicalisation des services de santé de première ligne au Mali [14] a montré combien la médicalisation améliorerait l'acceptabilité des services de santé par la population et la qualité des soins au niveau du premier échelon de soins.

Cette médicalisation de la première ligne de soins constitue ainsi une réponse potentiellement pertinente, vu les éléments développés ci-haut. Toutefois cette réponse pourrait être nuancée, tant que cette pratique médicalisée s'apparente à une simple opportunité d'absorption des milliers de jeunes médecins produits chaque année par de nombreuses facultés ouvertes ces dernières années en RDC. D'après Maindo *et al* [24], la RDC compterait déjà plus de neuf cents universités et écoles supérieures en 2012, dont la prolifération résiste aux tentatives ministérielles de contrôle. Même si ce constat est antérieur à la date de déroulement de l'enquête, à titre illustratif, pour la seule année 2018, 102 universités fonctionnant en RDC avaient produit 6.020 médecins généralistes, 66 chirurgiens-dentistes et 178 pharmaciens en RDC [25]. Comme déjà relevé par la Stratégie de renforcement du système de santé en RDC [15], ce niveau de production de médecins dépasse la capacité de résorption du secteur de santé. En outre, comme observé par Poncelet *et al* [26], les institutions universitaires en RDC peinent à intégrer le processus de Bologne et à réunir, pour la plupart, les standards minimums en termes d'enseignants, de laboratoires et de cadre de formation. L'absence des politiques, des normes adaptées au contexte urbain et l'éloignement de l'offre existante par rapport aux normes de ressources humaines, d'infrastructures et d'équipements sanitaires dénotent une difficulté réelle de régulation de l'offre urbaine dans la ville de Goma en RDC. L'option levée dans le plan stratégique national pour la couverture santé universelle en RDC [27], consistant à mettre en place un système d'accréditation des prestataires de santé pourrait contribuer à réguler cette pratique médicalisée dans une optique de garantir des prestations de qualité. Cette option n'est toutefois pas suffisante, car elle nécessite un processus plus global d'adaptation des politiques et des normes des services de santé urbains.

Pour aller de l'avant dans la mise en place des politiques et des normes plus adaptés aux contextes urbains, des initiatives de recherche, comme celui engagé dans la ville de Goma pour tester un nouveau modèle d'organisation de la première ligne de soins [28] pourraient être encouragées.

## 5 CONCLUSIONS

La RDC, confrontée au défi d'urbanisation croissant, ne saurait s'engager de manière pertinente sur la voie de la couverture santé universelle, sans inscrire dans ses priorités la réorganisation des services de santé urbains.

Cette étude sur l'offre de soins dans la ville de Goma met en évidence un double phénomène, on dirait, de prolifération spontanée de l'offre des soins et de médicalisation de la première ligne de soins, en dehors des normes établies par le Ministère de la santé de la RDC. La médicalisation de la première ligne de soins, semble potentiellement utile, au regard d'une demande réelle, mais ne saurait apporter une réponse pertinente et concrète aux besoins d'une patientèle urbaine, sans qu'elle soit encadrée, régulée en référence à des politiques et des normes adaptées aux particularités du contexte urbain.

Ces résultats devraient inciter à progresser sur la poursuite des actions de recherche devant permettre à terme, d'adapter les politiques, les normes, les processus d'organisation des services et plus largement la gouvernance des services de santé urbains en RDC.

## CONFLIT D'INTÉRÊT

« Les auteurs déclarent qu'ils n'ont pas de relation financière ni personnelle qui pouvait les avoir influencé de manière inappropriée en rédigeant cet article »

## CONTRIBUTION DES AUTEURS

JBK a coordonné et participé à toutes les phases de l'étude (formulation du protocole de recherche, collecte des données, analyse des données, rédaction de l'article), CK a coordonné la collecte des données, PM, HK ETM, NM et CK ont participé à l'analyse des données et à la révision de l'article.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l'Union Européenne et le Gouvernement Belge (DGD) pour le financement du PADISS (projet d'appui au développement intégré du système de santé au Nord-Kivu), projet dans le cadre duquel la collecte des données de cette étude a été réalisée.

## REFERENCES

- [1] United Nations, Economic and Social Affairs, World Urbanization Prospects: The 2018 Revision. Available at <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-KeyFacts.pdf>.
- [2] A. Maïga et P. Bocquier, "Dynamiques urbaines et santé des enfants en Afrique subsaharienne: perspectives théoriques," *African Population Studies*, vol. 30, no. 1, pp. 2213-2226, 2016.
- [3] OMS et UN-Habitat, *La face cachée des villes: mettre au jour et vaincre les inégalités en santé en milieu urbain*. Nairobi, OMS et UN-Habitat, 2010.
- [4] D. Vlahov, N. Freudenberg, F. Proietti, D. Ompad, A. Quinn, V. Nandi, S. Galea, "Urban as a determinant of health," *J Urban Health*, Vol.84, no.3 (Suppl), pp.16-26, 2007.
- [5] D. Grodos, *Le district sanitaire urbain en Afrique sub-saharienne: enjeux, pratiques et politiques*. Université catholique de Louvain: département de santé publique, Faculté de médecine, 2000.
- [6] D. Grodos, R. Tonglet, "Maîtriser un espace sanitaire cohérent et performant dans les villes d'Afrique subsaharienne: le district de santé à l'épreuve," *Trop Med Int Health*, Vol.7, pp. 977-992, 2002.
- [7] K. A. Pangu, *Santé Pour tous d'ici l'an 2000: c'est possible, expérience de planification et d'implantation des centres de santé dans la Zone de Santé de Kasongo au Zaïre*. Université Libre de Bruxelles, Thèse de Doctorat, 1988.
- [8] P. Mercenier, *Le rôle du centre de santé dans le contexte d'un système de santé de district basé sur les soins de santé primaires*. IMT Anvers, 1988.
- [9] Ministère de la santé de la RDC, *Normes de la zone de santé en République Démocratique du Congo*. Kinshasa, Ministère de la Santé de la RDC, 2006.
- [10] D. Mahler, L. Smeeth, and J. Sekajugo, "Health transition in Africa: practical policy proposals for primary care", *Bull world health organ*, Vol.88, pp.943-948 | .doi: 10.2471/BLT.10.077891.
- [11] P.B. Katchunga, K.J.R M'Buyamba, B.E.Masumbuko, D. Lemogoum, Z.M. Kashongwe, J.P. Degaute, J.M. Kabinda, "Hypertension artérielle chez l'adulte Congolais du Sud Kivu: résultats de l'étude Vitara," *Presse Med*. Vol. 6, no. 4, pp. 315-323, 2011. PubMed | Google Scholar.
- [12] OMS, *Rapport sur la santé dans le monde 2008: les soins de santé primaires - maintenant plus que jamais*. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 2008.
- [13] H. Balique, O. Ouattara, A. Iknane, "Dix ans d'expérience de centre de santé communautaire au Mali", *Santé publique*, Vol.13, no. 1, pp.35-48, 2001.
- [14] L Codjia, F Jabot, H Dubois, *Accroître l'accès aux personnels de santé dans les zones rurales ou reculées. Evaluation du programme d'appui à la médicalisation des aires de santé au Mali*. Genève, OMS, 2010.
- [15] Ministère de la santé de la RDC, *Stratégie de renforcement du système de santé en République Démocratique du Congo*. Kinshasa, Ministère de la Santé de la RDC, 2006.
- [16] M.F. Chenge, J. Van der Vennet, D. Porignon, N. Luboya, I. Kabyla et B. Criel, "La carte sanitaire de la ville de Lubumbashi, République Démocratique du Congo: Partie I: problématique de la couverture sanitaire en milieu urbain congolais," *Global Health Promotion*, Vol.17, no. 3, pp. 63-74, 2010.
- [17] K. Büscher, *Conflict, State Failure and Urban Transformation in the Eastern Congolese Borderland: The Case of Goma*. PhD Dissertation, Ghent University, Belgium, 2011. Google Scholar.
- [18] K. Büscher, "Urban Governance Beyond the State: Practices of Informal Urban Regulation in the City of Goma, Eastern DR Congo," *Urban Forum*, Vol. 23, no. 4, pp. 483-99, 2012. CrossRefGoogle Scholar.
- [19] K. Vlassenroot and K. Büscher, *The city as frontier: urban development and identity processes in Goma*. Crisis States Research Centre working papers series 2 (61). Crisis States Research Centre, London, UK, London School of Economics and Political Science, 2009.
- [20] G.Munganga, S.Vake, J.Kabumba, C.Mushobozi, N.M'Bigabwa, M.Laghmouch, C.Michellier, B.Sm ets, et F.Kervyn, "Carte sanitaire de la Ville de Goma. Réalisée dans le cadre du Projet d'Appui au développement du Système de Santé au Nord-Kivu (PADIS S –ULB Coopération)," Goma, Institut Géographique du Congo (IGC) – Station provinciale du Nord-Kivu et le Musée Royal de l'Afrique Centrale (MR AC), 2018.
- [21] E. Cadot, M. Harang, "Offre de soins et expansion urbaine, conséquences pour l'accès aux soins. L'exemple de Ouagadougou (Burkina Faso)," *Espace Popul Soc*. Vol. 2, no.3, pp.329-9, 2006.

- [22] OMS, Rapport sur la santé dans le monde 2006: Travailler ensemble pour la santé. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 2006.
- [23] A. K. Rowe, D. de Savigny, C.F. Lanata, C. G. Victora, "How can we achieve and maintain highquality performance of health workers in low-resource settings?", *Lancet*, vol. 366, pp.1026-1035, 2005.
- [24] M.Maindo, A.Ngonga, I.P. Kapagama (dir.), *L'Université en chantier en RD Congo. Regards croisés sur la réforme de l'enseignement supérieur et universitaire*. Paris, Karthala, 2012.
- [25] RDC, Présidence de la République, Ministère de la Santé., *Accélérer la marche vers la Couverture Santé universelle. Feuille de route nationale*. Kinshasa, Ministère de la santé, 2019.
- [26] M.Poncelet, I. P. Kapagama, T.DeHerd, J.P M'Piana Tshitenge, G. Matagne, "A la marge de l'internationalisation de l'enseignement supérieur...mais au cœur d'un marché universitaire national: l'Université de Kinshasa (République Démocratique du Congo), ". « *Revue Tiers Monde* », vol. 223, no. 3, pp. 91-110.
- [27] République Démocratique du Congo, Présidence de la République, *Plan stratégique national pour la Couverture Santé Universelle en République Démocratique du Congo*. Kinshasa, République Démocratique du Congo, Présidence de la République, 2020.
- [28] M.JB. Kahindo, A. Simbi, M. Vitale, N.P. Mitangala, Y. Coppieters, D. Chinnici and H. Lambert "Urbanization and health services: developing a new model of primary health care in Goma (Democratic Republic of Congo), " *Cities & Health*, 2019. DOI: 10.1080/23748834.2019.1693792.



## L'apprentissage du raisonnement clinique en prothèse dentaire (Partie I: évaluation du raisonnement clinique chez les internes en Médecine dentaire)

### [ Learning clinical reasoning in prosthodontics (Part I: Evaluation of clinical reasoning among dental interns) ]

*I. Boujoual, B. Mbarki, R. Bahlioui, and A. Andoh*

Unit of Fixed prosthodontics, University hospital Ibn Rochd, Faculty of dentistry of Hassan II University, Casablanca, Morocco

Copyright © 2020 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:** Background: Learning clinical reasoning (LCR) sessions were first described by Dr. M. Chamberland in 1998. These sessions are intended to support the development of clinical reasoning in a protected learning context. They are structured to reproduce the processes that clinicians spontaneously use, the generation of hypotheses, the collection of clinical data to develop a correct and seriously considered medical attitude. Objective: To analyze the impact of clinical reasoning learning sessions in dental prosthesis as an active teaching strategy applied to dental interns. Method: A descriptive cross-sectional epidemiological survey was carried out on 12 interns (among 19 invited) from the 2017 and 2018 promotions. The session duration was of two-hours, subdivided into 4 sequences: situation and evaluation before the ARC, strategic approach of the session, discussion of clinical cases aloud and finally the study of the impact of the introduction of the LCR method. Results: After the implementation of our clinical reasoning supervision model, intern's reasoning improved and became more structured, however our session revealed clinical gaps that interns have in some disciplines. These gaps concerned specialties such as orthodontics, occlusodontics and implantology. This work is part of a set of two parts, the first deals with the evaluation of clinical reasoning in a population of dental interns at the end of their internship, and the second is a satisfaction survey relating to the introduction of LCR as a method of active teaching, within the same population.

**KEYWORDS:** Learning Clinical Reasoning, dental medicine, Prosthodontics, Dental Education, Pedagogy.

**RESUME:** Contexte: Les séances d'ARC ont été décrites la première fois par Docteur M. Chamberland en 1998. Ces séances visent à soutenir le développement du raisonnement clinique dans un contexte d'apprentissage protégé. Elles sont structurées pour reproduire les processus qu'utilisent spontanément les cliniciens, la génération d'hypothèses, la collecte des données cliniques pour élaborer une attitude médicale correcte et sérieusement réfléchie. Objectif: Analyser l'impact des séances d'apprentissage du raisonnement clinique en prothèse dentaire comme stratégie de pédagogie active appliquée aux internes en médecine dentaire. Méthode: Une enquête épidémiologique transversale descriptive a été menée sur **12** internes (parmi **19** convoqués) des promotions 2017 et 2018. Notre enquête était sous forme d'une séance de deux heures, subdivisée en 4 séquences: mise en situation et évaluation avant l'ARC, démarche stratégique de la séance, discussion des cas cliniques à haute voix et enfin l'étude de l'impact de l'introduction de la méthode d'ARC. Résultats: Après la mise en place de notre modèle de supervision du raisonnement clinique, le raisonnement des internes s'est amélioré et il est devenu plus structuré, toutefois notre séance a révélé les lacunes cliniques qu'ont les internes dans certaines disciplines. Ces lacunes relèvent de spécialités telles que l'orthodontie, l'occlusodontie et l'implantologie. Ce travail fait partie d'un ensemble de deux parties, la première traite l'évaluation du raisonnement clinique chez une population d'internes en médecine dentaire en fin d'internat, et la deuxième est une enquête de satisfaction relative à l'introduction de l'ARC comme méthode de pédagogie active, auprès de cette même population.

**MOTS-CLEFS:** Apprentissage du Raisonnement Clinique, Médecine dentaire, Prothèse dentaire, Enseignement dentaire, Pédagogie.

## 1 INTRODUCTION

L'amélioration de la qualité de l'enseignement et de la recherche devient de plus en plus une préoccupation grandissante chez tous les acteurs, surtout après les efforts consentis sur le plan quantitatif: développement de l'offre et diversification des plans de formation [1].

Or, les systèmes de l'enseignement supérieur connaissent toujours des changements profonds, à cause de l'augmentation des effectifs des étudiants, la croissance du nombre d'établissements et la variété de leurs programmes de formation, la diminution des ressources financières, un besoin fort du secteur économique en cadres qualifiés et en une recherche scientifique performante, les conséquences du développement des technologies de l'information et de la communication...

Depuis plusieurs années, la tendance des réformes appliquées dans de nombreux pays converge vers la mise en place de mécanismes d'évaluation pour apprécier la performance des systèmes de l'enseignement supérieur en vue d'élaborer des régulations et des améliorations [1].

Au cours des dernières années, différents formats pédagogiques apparentés aux séances d'apprentissage par raisonnement clinique (ARC) ont été décrits dans le but d'améliorer le raisonnement clinique des étudiants en médecine. Plusieurs facultés de médecine, ont introduit des activités d'apprentissage de type séances d'ARC à l'intérieur de leur cursus [2].

La Faculté de Médecine Dentaire de Casablanca quant à elle, n'a pas hésité aussi à encourager le changement en impliquant tous le corps de l'établissement en l'occurrence la mise en place de nouvelles méthodes d'apprentissages telles que l'ARC.

Les séances d'ARC ont été décrites la première fois par Docteur M. Chamberland en 1998 [3]. Ces séances visent à soutenir le développement du raisonnement clinique dans un contexte d'apprentissage protégé. Elles sont structurées pour reproduire les processus qu'utilisent spontanément les cliniciens, la génération d'hypothèses, la collecte des données cliniques pour élaborer une attitude médicale correcte et sérieusement réfléchie sans oublier l'apport des stages cliniques permettant aux étudiants le développement de leur raisonnement clinique en termes de stratégies générales et de connaissances spécifiques [2].

Le raisonnement clinique est un processus de pensée et de prise de décision permettant au clinicien d'organiser les actes les plus appropriés dans un contexte spécifique de résolution de problème de santé, il peut être considéré comme l'activité intellectuelle où le clinicien synthétise l'information clinique, l'intègre avec les connaissances et les expériences antérieures pour formuler un diagnostic et élaborer une éventuelle prise en charge [4].

À notre connaissance, aucune recherche n'a été réalisée jusqu'à maintenant pour vérifier l'évolution du raisonnement clinique en prothèse dentaire chez les internes au cours d'un stage clinique incluant ce type d'activité d'apprentissage.

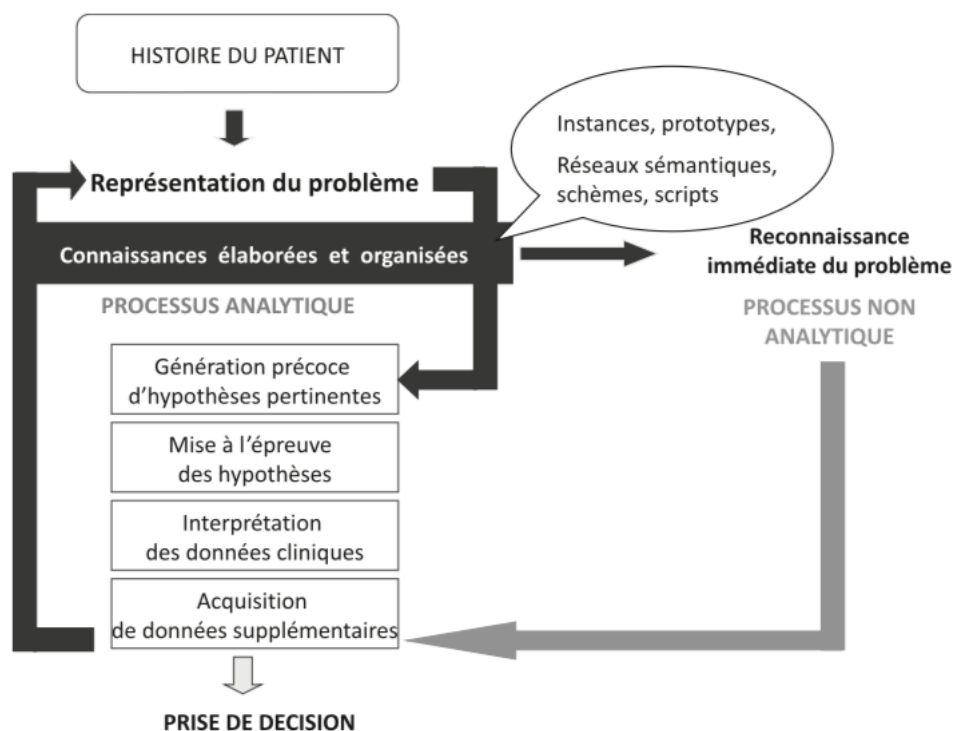
Comme le raisonnement clinique est une compétence essentielle et primordiale de la pratique médicale, il paraît intéressant de mener une réflexion pédagogique sur ce sujet.

Le principe de raisonnement clinique se base sur un modèle comprenant deux types de processus différents: l'un « non analytique » et l'autre « analytique ». Ils sont complémentaires et peuvent être utilisés dans la même situation clinique.

Le processus « non analytique » est un raisonnement intuitif, rapide et presque automatique. Les pattern recognition (reconnaissance de formes) font partie de ce processus et permettent au clinicien de poser un diagnostic suite à la reconnaissance d'une configuration caractéristique de signes et symptômes. Les cas concrets sont également des processus non analytiques où le clinicien va se rappeler d'un cas similaire précédemment rencontré qu'il garde en mémoire. Cela va lui permettre de penser rapidement à ce même diagnostic.

De l'autre côté, on trouve les processus « analytiques », dont le plus couramment enseigné est le raisonnement hypothético-déductif qui repose sur la capacité de déduire des conclusions à partir de pures hypothèses [5].

En médecine dentaire, le raisonnement clinique, comme sur la figure ci-dessous, se présente sous forme d'un modèle conceptuel caractérisé par des multicouches qui se chevauchent pour indiquer: le cadre de référence personnel du dentiste, le cadre de référence du patient et les problèmes de l'environnement de santé qui représente le contexte social, culturel, politique et économique.



Source : d'après Nendaz, Charlin, Leblanc *et al.*, 2005 ; Eva, 2004.

**Fig. 1. Processus de raisonnement clinique analytique et non analytique [4]**

Deux ovales qui se chevauchent, représentés en gris, décrivent le processus de raisonnement clinique (analytique et non analytique) et l'interaction des sept stratégies de raisonnement (scientifique, conditionnel, collaboratif, narratif, éthique, pragmatique et « partiel »).

L'ovale inférieur décrit le caractère non linéaire du diagnostic et de la planification du traitement, un processus cyclique qui représente d'un côté le raisonnement analytique (formuler et tester des hypothèses, évaluer les options et faire des choix via l'analyse décisionnelle) et le raisonnement non analytique de l'autre côté (reconnaissance de formes et utilisation de scripts diagnostiques et thérapeutiques). Ces processus sont utilisés séparément ou en combinaison.

L'ovale supérieur représente le raisonnement « partiel », au centre, en tant que stratégie de raisonnement principale qui aide à intégrer les 6 stratégies de raisonnement restantes qui entourent le noyau. Cette stratégie de base aide le clinicien à identifier, traiter chaque cas séparément ou en relation avec d'autres problèmes et la situation dans son ensemble. Cela aide également à intégrer les facteurs contextuels influençant les décisions cliniques lorsque le clinicien novice ou expert procède à une réflexion d'avant et d'arrière sur les différents problèmes contextuels.

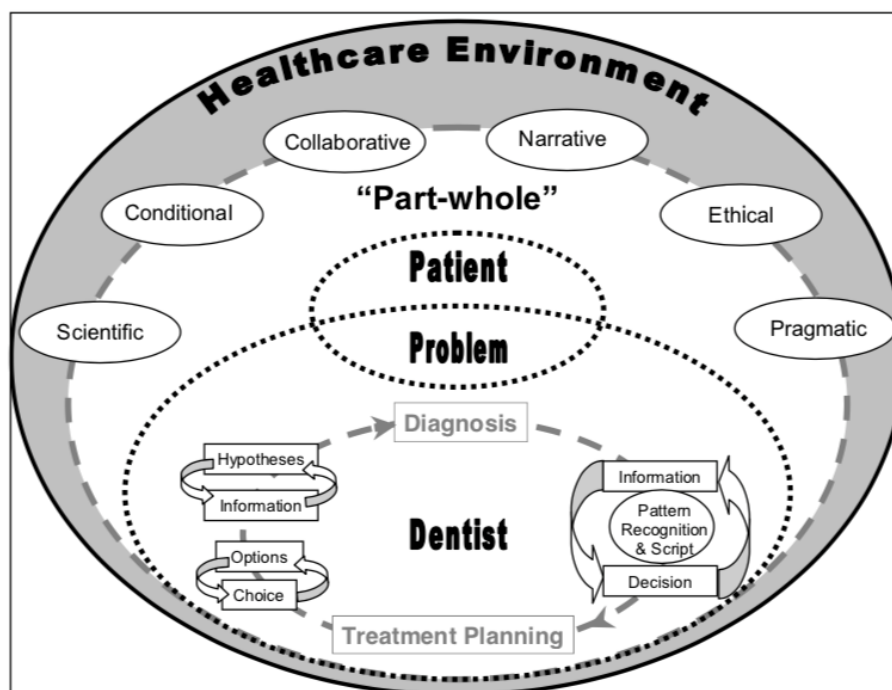


Fig. 2. *Modèle du raisonnement clinique en dentisterie [6]*

C'est dans cette optique que le présent travail intervient, il se propose d'étudier le raisonnement clinique en prothèse dentaire chez les internes en fin de formation de la faculté de médecine dentaire de Casablanca, avant et après l'introduction de la méthode d'ARC, pour la résolution des problèmes et développer la prise en charge multidisciplinaire, avec l'objectif de l'amélioration continue des différents enseignements et les stratégies d'évaluation des apprentissages.

Nous sommes motivés à mener cette étude afin de:

- Évoluer la prise en charge des patients en allant de la singularité vers la multidisciplinarité.
- Encourager les internes à hiérarchiser leurs hypothèses et à partager leurs incertitudes.
- Repérer les difficultés du raisonnement clinique rencontrées par les internes.
- Améliorer le processus du raisonnement clinique chez les internes
- Étudier l'impact de l'introduction de la méthode d'ARC comme stratégie de remédiation.
- Recenser le taux de satisfaction et d'assimilation des internes par la méthode d'ARC.
- Recueillir l'appréciation des internes à propos des modalités d'évaluation et de l'enseignement.

## 2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

Une enquête épidémiologique transversale descriptive a été menée sur 12 internes (parmi 19 convoqués) des promotions 2017 et 2018. Notre enquête était sous forme d'une séance de deux heures, subdivisée en 4 séquences: mise en situation et évaluation avant l'ARC, démarche stratégique de la séance, discussion des cas cliniques à haute voix et enfin l'étude de l'impact de l'introduction de la méthode d'ARC.

Les supports de l'enquête sont: le questionnaire qui comprend 3 cas cliniques comportant 2 questions pour chacun: la 1ère question est sectionnée en 3 niveaux socio-économiques où l'interne devra citer les différentes options thérapeutiques avec des arguments justifiés. La 2ème question est une situation fictive: édentement terminal (pour le 1er cas), extraction d'une dent avec fracture courono-radulaire verticale (pour le 2ème cas) et aussi une patiente sous radiothérapie pour un carcinome du pharynx + fausse route commise lors du traitement endodontique sur la 12 (pour le 3ème cas), où l'interne devra citer les éventuels changements à apporter aux solutions cliniques proposées initialement. Des supports imprimés plastifiés comportant: l'interrogatoire, l'examen exobuccal, endobuccal, les empreintes primaires et les radiographies avec les modèles d'études pour les 3 cas cliniques, ont été à la disposition des internes.

Tableau 1. Description des étapes de la séance d'ARC réalisée

| Durée  | Étapes de la séance                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 45min  | <b>Séquence 1: Mise en situation :</b> (19 internes, sous le tutorat des enseignants de la Prothèse Conjointe) <ul style="list-style-type: none"> <li>Expliquer les objectifs de la séance.</li> <li>L'enseignant introduit les cas cliniques auprès des internes, ces derniers répondent au questionnaire au niveau des parties <b>IDENTIFICATION</b> et <b>CAS CLINIQUES</b> (= évaluation de leur raisonnement clinique <b>avant</b> l'introduction de l'ARC).</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 10min  | <b>Séquence 2: Démarche stratégique de la séance :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Dans 1<sup>er</sup> temps, l'enseignant définit et explique les grands titres suivants : <ol style="list-style-type: none"> <li>Définition du Raisonnement Clinique</li> <li>Les composantes de la décision médicale</li> <li>Les processus du RC</li> <li>Les outils d'apprentissage</li> <li>Les stratégies pédagogiques de la supervision du RC</li> <li>Les méthodes d'évaluation du RC</li> </ol> </li> <li>Dans un 2<sup>e</sup> temps, l'enseignant introduit la méthode d'ARC en expliquant sa définition, son déroulement et ses objectifs.</li> </ul>                                                                                                                                                                            |
| 45min  | <b>Séquence 3: Discussion des cas cliniques à haute voix :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Distribution des modèles d'étude et les supports imprimés comportant: <b>Interrogatoire</b>, <b>Examen exobuccal</b>, <b>Examen endobuccal</b>, <b>Empreintes primaires</b>, <b>les modèles d'étude et les Radiographies</b>.</li> <li>Discussion des cas cliniques en groupe et la résolution mutuelle de problèmes sous la supervision des enseignants.</li> <li>Les enseignants interagissent avec les internes en leur posant des questions précises en cas de difficultés et d'omission des éléments pertinents pour aboutir à un projet thérapeutique approprié.</li> <li>En fin de séquence, l'un(e) des internes synthétise les informations recueillies et élabore un plan de la prise en charge des patients.</li> </ul> |
| 15 min | <b>Séquence 4: Etude de l'impact de l'introduction de la méthode d'ARC :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Recenser le taux de satisfaction et d'assimilation des internes par la méthode d'ARC à travers les parties restantes sur le questionnaire : <b>ASPECTS PEDAGOGIQUES</b> , <b>ASPECTS TECHNIQUES ET MEDIATIQUES</b> et <b>APPRECIATION GENERALE</b>.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |



Fig. 3. Déroulement de la séance d'ARC en prothèse dentaire

L'image (A) montre la 1<sup>ère</sup> séquence: évaluation des internes avant l'introduction de la méthode d'ARC, l'image (B) indique la 2<sup>ème</sup> séquence: la démarche stratégique de la séance, les images (C) et (D) montrent la discussion des cas cliniques en groupe pendant l'ARC.



**Fig. 4.** Supports imprimés et modèles d'étude des 3 cas cliniques

Les statistiques descriptives ont été calculées pour toutes les variables de l'étude en pourcentage en utilisant l'outil informatique: **Microsoft Excel**, à l'exception de quelques variables traitées par le logiciel statistique pour traitement d'enquêtes et analyse de données: **Sphinx** version d'évaluation (version 4.5), compatible Windows 10 | 8 | 7 | XP | Vista | 98 | 2000, qui sont:

- Âge (au niveau de l'Identification)
- Difficultés du RC (au niveau des Aspects pédagogiques)
- Méthodes de supervision du RC et les Besoins d'apprentissage (au niveau de l'Appréciation générale).

### 3 RÉSULTATS

Notre échantillon représente **63,16%** de la population initiale, se divisant en **91,7%** de femmes et **8,3%** d'hommes entre **22** et **27** ans.

Dans le 1<sup>er</sup> cas clinique, la solution la plus proposée pour un patient à faibles moyens financiers était de remplacer la dent absente par une prothèse amovible partielle en résine (**74,9%**). Pour le niveau socio-économique moyen, **83,3%** des internes ont opté pour le bridge collé. Tous les internes (**100%**) ont proposé de réaliser un implant unitaire pour le patient aisé. Concernant l'édentement terminal, **91,7%** des internes ont opté soit pour la prothèse amovible soit la solution fixe implantaire.

Dans le 2<sup>ème</sup> cas clinique, tous les internes (**100%**) ont proposé de remplacer les dents absentes par une prothèse amovible chez le patient à budget restreint. Pour celui à revenu moyen, chaque interne a proposé plusieurs solutions thérapeutiques, surtout les bridges prothétiques soit (**74,9%**), certains internes (**33,3%**) ont abordé l'orthodontie pré-prothétique pour l'aménagement des espaces. Pour les patients à haut niveau socio-économique, ils bénéficient de l'orthodontie pré-prothétique suivie de la réhabilitation par implants (**75,1%**). En cas d'extraction de la 25 avec fracture courono-radulaire verticale, (**41,7%**) des internes ont opté pour le remplacement des dents absentes soit par des implants, ou par un bridge collé remplaçant la 16 et bridge implanto-porté remplaçant 24-25-26 ou encore par PAP.

Dans le 3<sup>ème</sup> cas clinique, pour le patient nécessiteux, presque tous les internes (**91,5%**) lui ont proposé une PAP bimaxillaire, quelques internes (**41,6%**) ont opté également à réaliser une RCR+CCR sur la 12. Pour le patient à revenu modeste, **50%** des internes ont abordé la solution fixe au maxillaire et la solution amovible au niveau mandibulaire. Notons que **99,8%** des internes ont proposé l'implantologie pour remplacer les dents absentes chez les patients qui n'ont pas de problème financier et **33%** d'internes sont pour l'indication des CCC sur 11-21 et une RCR+CCC sur la 12. Pour le patient sous radiothérapie pour carcinome



du pharynx + fausse route commise lors du TTT endodontique sur la 12, nous trouvons que **75%** des internes ont préféré de conserver la 12 pour éviter le risque d'ORN, tandis que **25%** d'internes ont opté pour l'extraction.

Concernant la séance d'ARC, nous en avons noté une satisfaction générale au niveau de tous les aspects, elle est jugée intéressante, utile et adaptée à l'enseignement de la prothèse dentaire en programme d'internat.

A titre informatif nous allons détailler un seul cas clinique parmi les trois cas cliniques proposés et discutés aux internes, nous avons choisi le plus difficile qui est le 3<sup>ème</sup> cas clinique.

Raisonnement clinique avant la séance d'ARC:

**A. Résultats des choix thérapeutiques de la première question avec arguments justifiés**

• **Si le niveau socio-économique de la patiente est faible: (Tableau 2)**

Presque tous les internes (**91,5%**) ont proposé une PAP bimaxillaire pour remplacer les dents absentes vu qu'elle est non onéreuse. Quelques internes (**41,6%**) ont proposé de réaliser RCR+CCR sur la 12. D'autres (**33,3%**) ont préconisé la mise en état bucco-dentaire et soins de caries.

**Tableau 2. Niveau socio-économique faible du 3<sup>ème</sup> cas clinique**

| Solutions thérapeutiques                                                                                                                                                                           | Arguments                                                                                                                 | Effectif + Pourcentage |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| - PAPR bimaxillaire remplaçant: 14-22-45-46-47-36-37, crochets au niveau: 13-15-21-23 et 44-48-35-38                                                                                               | -Moins chère<br>-Le prix est bas par rapport aux autres solutions thérapeutiques<br>-Assurer la fonction                  | 4 (33,3%)              |
| -Mise en état de la cavité buccale<br>- Soins de caries<br>- Inlay core + CIV sur la 12<br>- PAPR bimaxillaire remplaçant les dents manquantes avec crochets au niveau: 13-15-21-23 et 44-48-35-38 | -Faible budget<br>-Solution la moins chère                                                                                | 4 (33,3%)              |
| -Au maxillaire: PAPR/PAPC, crochets sur: 13-15 et 21-23 avec RCR + CCR sur la 12<br>-A la mandibule: PAPR/PAPC                                                                                     | -Prothèse la moins chère                                                                                                  | 1 (8,3%)               |
| PAPC maxillaire et mandibulaire                                                                                                                                                                    | Pas d'arguments                                                                                                           | 1 (8,3%)               |
| -Extraction de la 12 et mettre une PAP bimaxillaire                                                                                                                                                | -Vu le niveau socio-économique faible, la patiente ne peut pas mettre une couronne donc on extrait la 12 et on met une PA | 1 (8,3%)               |
| -Prothèse composite au maxillaire remplaçant les dents 14-22 avec une couronne fraisée sur 12<br>- PAPR au niveau mandibulaire                                                                     | Pas d'arguments                                                                                                           | 1 (8,3%)               |

• **Si le niveau socio-économique de la patiente est moyen: (Tableau 3)**

Pour remplacer les dents absentes, les internes (**50%**) ont proposé la solution fixe au maxillaire et la solution amovible au niveau mandibulaire. Tandis que le taux d'internes qui n'ont pas répondu à la question est de **8,3%**.

**Tableau 3. Niveau socio-économique moyen du 3<sup>ème</sup> cas clinique**

| Solutions thérapeutiques                                                                                                                                                                                                                                                                            | Arguments                                                                                                                                                                                                                                | Effectif + Pourcentage |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| ❖ Au maxillaire:<br>- Bridge collé modifié remplaçant la 22, avec CCR sur 21 et ailette sur 23<br>- CCR sur 11<br>- RCR foulée + CCR sur la 12<br>- Bridge collé remplaçant la 14<br>❖ A la mandibule:<br>-Stellite et couronne fraisée avec attachement au niveau la 44, crochets sur: 48-44-38-35 | -Assurer la fonction est un meilleur confort pour le patient dans la limite de ses moyens                                                                                                                                                | 4 (33,3%)              |
| -PAPC maxillaire, crochets coulés sur 13-15-23, barre linguale sur 21-11<br>-Couronne fraisée CCM au niveau de 12<br>-PAPC mandibulaire, crochets au niveau 48-44-38-35<br>-Couronne fraisée sur 44                                                                                                 | -Compte tenu du nombre de soins nécessaires, cette solution nous paraît la plus adéquate                                                                                                                                                 | 3 (25%)                |
| -Au maxillaire: bridge conventionnel CCM de la 15 à 23 remplaçant: 14-22<br>-A la mandibule: PAPC                                                                                                                                                                                                   | -Selon les moyens et vu qu'esthétiquement le résultat sera meilleur<br>-Meilleure solution du côté esthétique<br>-A la mandibule, il n'y a pas moyen de mettre une solution fixe autre que l'implant car l'édentement est trop important | 2 (16,7%)              |
| -PAPC maxillaire et mandibulaire<br>- Inlay core + CCM sur la 12                                                                                                                                                                                                                                    | Pas d'arguments                                                                                                                                                                                                                          | 1 (8,3%)               |
| ❖ Au maxillaire:<br>- Bridge collé de 13 à 15 remplaçant la 14<br>- Inlay core sur 12<br>- Bridge en porte-à-faux remplaçant la 22, dents piliers: 11-21<br>❖ A la mandibule:<br>- Bridge de la 44 à 48<br>- Bridge scellé remplaçant 36 et 37 (dents piliers: 35-38)                               | -Résoudre le problème fonctionnel                                                                                                                                                                                                        | 1 (8,3%)               |
| L'interne ne connaît pas la réponse                                                                                                                                                                                                                                                                 | Pas d'arguments                                                                                                                                                                                                                          | 1 (8,3%)               |

• **La patiente n'a pas de problème financier: (Tableau 4)**

Chaque interne a proposé plusieurs solutions thérapeutiques étant donné que le budget élevé permettra de réaliser plusieurs prothèses fixées diversifiées. Notons que **(99,8%)** des internes ont posé l'implantologie comme solution idéale pour remplacer les dents absentes. **(33,3%)** ont proposé de mettre aussi des CCC pour 11-21 et une RCR+CCC pour la 12.



**Tableau 4. Niveau socio-économique élevé du 3<sup>ème</sup> cas clinique**

| Solutions thérapeutiques                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Arguments                                                                                                                                                                                                                    | Effectif + Pourcentage |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Au maxillaire: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Implant remplaçant la 14</li> <li>- Couronne CCC sur la 12</li> <li>- Bridge collé modifié remplaçant la 22</li> </ul> </li> <li>❖ A la mandibule: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Implant unitaire remplaçant la 36</li> <li>- CCC sur la 44</li> <li>- 2 implants avec bridge implanto-porté remplaçant: 45-46</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Son budget élevé permettra de réaliser plusieurs prothèses fixées</li> <li>-Pas assez d'espace pour remplacer 37-47</li> </ul>                                                       | 4 (33,3%)              |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Implants unitaires remplaçant les dents absentes</li> <li>- RCR foulée + CCC au niveau de 12</li> <li>- Couronnes CCC sur 21-11</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Solution implantaire reste la meilleure</li> <li>-Offrir au patient une solution thérapeutique fixe</li> <li>-Solution selon les moyens permettant de meilleurs résultats</li> </ul> | 4 (33,3%)              |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Implant sur la 14</li> <li>- Bridge CCC de la 13 à 23</li> <li>- PAPC mandibulaire</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Pas d'arguments                                                                                                                                                                                                              | 1 (8,3%)               |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Implants unitaires remplaçant 14-22</li> <li>- Couronne CCM au niveau: 12-11-21</li> <li>-PAPC mandibulaire</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Pas d'arguments                                                                                                                                                                                                              | 1 (8,3%)               |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bridge collé remplaçant 14</li> <li>- CCC sur la 12-11</li> <li>- Bridge scellé avec des CCC remplaçant la 22</li> <li>- Implants remplaçant: 36-46-45</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                        | Pas d'arguments                                                                                                                                                                                                              | 1 (8,3%)               |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>-Implants pour remplacer les dents absentes</li> <li>-CCC sur la 12</li> <li>-Des facettes sur: 11 et 21</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Implants pour ne pas mutiler les dents adjacentes</li> <li>-Facettes pour régler le problème esthétique</li> <li>-Proposer aux patients de reprendre les restaurations</li> </ul>    | 1 (8,3%)               |

**A. Résultats des nouvelles options thérapeutiques de la situation fictive: La même patiente est sous radiothérapie pour un carcinome du pharynx + fausse route commise lors du TTT endodontique sur la 12: (Tableau 5)**

Pour cette situation, **75%** des internes ont préféré la conservation de la 12 pour éviter le risque d'ORN, tandis que **(25%)** d'internes ont opté pour l'extraction.

**Tableau 5. Patiente sous radiothérapie + fausse route commise lors du TTT endodontique sur la 12**

| Nouvelles options thérapeutiques                                                                                           | Effectif + Pourcentage |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| -Conserver la dent (l'extraction est contre indiquée pour éviter le risque d'ostéoradionécrose)                            | 5 (41,7%)              |
| -Temporiser avec du MTA ou Biodentine jusqu'à fermeture de la brèche (fausse route) et reprendre le TTT endodontique + CCC | 3 (25%)                |
| -Extraction de la 12 sans pour autant changer la solution thérapeutique et englober la 12 à la PAP                         | 2 (16,7%)              |
| -Les précautions: mettre la patiente sous ATB et réaliser l'acte le moins traumatisant possible                            |                        |
| -Extraction de la 12, bridge en porte-à-faux remplaçant la 12 en s'appuyant sur la 11                                      | 1 (8,3%)               |
| -Le pronostic est réservé extraire la 12 vu l'état général de la patiente                                                  |                        |
| -Plus d'implants possibles risque d'ORN                                                                                    | 1 (8,3%)               |

Raisonnement clinique après la séance d'ARC:• **Situation initiale:**

- **Niveau faible:** PAPR bimaxillaire remplaçant les dents absentes + soins de caries + inlay core avec CCR sur la 12
- **Niveau moyen:**
  - Au maxillaire: bridge collé sur la 14 + inlay core et CCR sur la 12 + CCR sur la 11 + bridge collé modifié sur la 22
  - À la mandibule: PAPC
- **Niveau élevé:**
  - Au maxillaire: implants remplaçant: 14-22 + inlay core et CCR sur la 12 + CCR sur 11-21 (dents vivantes)
  - À la mandibule: implants avec prothèse supra-implantaire pour remplacer les dents absentes.

• **Situation fictive: Patient sous radiothérapie pour un carcinome du pharynx + fausse route commise lors du TTT endodontique sur la 12:**

Conserver la 12 (ne pas l'extraire car il y a un risque d'ostéoradionécrose), et temporiser avec MTA jusqu'à fermeture de la fausse route puis mettre RCR foulée et une CCR.

Pour les autres soins dentaires, nous garderons la même thérapeutique initiale.

**4 DISCUSSION****4.1 DISCUSSION GÉNÉRALE**

Les internes n'ont pas présenté des difficultés à déterminer le plan de traitement chez le patient de niveau socio-économique faible, par contre, pour le patient à revenu moyen ou élevé, la difficulté existe du fait de la diversité des possibilités thérapeutiques et l'évolution perpétuel de la dentisterie qui nécessite des formations continues et programmes travaillant dessus. Quelques internes étaient incapables à prévoir les précautions et le protocole à entreprendre avec les patients sous radiothérapie. La littérature internationale est quasi inexistante auprès des internes, de ce fait d'autres études doivent avoir lieu dans le futur afin de comparer les résultats. Quelques différences ont été notées avant et après l'ARC, laissent suggérer la présence d'un expert qui maîtrise mieux la décision thérapeutique spécialisée. Cependant, Faut-il mesurer le processus ou le résultat ? Peut-on ignorer totalement le processus et mettre l'accent sur la qualité de la solution?

**4.2 DISCUSSION DES RÉSULTATS**

Dans notre cas les internes ont corrélé le choix de la thérapeutique prothétique au niveau socio-économique du patient et aussi au gradient thérapeutique c'est à dire toujours du moins invasif au plus invasif.

Une étude a été menée auprès des étudiants de dernière année de chirurgie dentaire (BDS), de stagiaires et des étudiants de 3<sup>e</sup> cycle qui participent à la prestation de soins dentaires dans des établissements dentaires de l'État de Telangana, en Inde [6], en 2019. Dans le but d'évaluer les attitudes et les pratiques des étudiants en médecine dentaire dans la prestation de service de santé bucco-dentaire aux patients ruraux mal desservis. Au total, 574 étudiants en médecine dentaire ont participé à l'étude, dont 67,59% des étudiants ont interrogé les patients sur leur statut socio-économique avant le traitement. Par contre 53,4% des étudiants ont estimé qu'il faudrait offrir des services de soins dentaires indépendamment de la capacité financière du patient.

Des études ultérieures, visant les internes, doivent être faites afin d'évaluer les choix prothétiques concernant le patient avec un faible statut socio-économique.

Selon l'article publié par SOUALHI H. & coll. [7] en 2010, l'intérêt majeur du bridge collé était d'éviter une mutilation excessive des dents supports et d'introduire la notion de réversibilité en cas d'échec. Aujourd'hui, il est unanimement admis qu'une préparation à minima des piliers est indispensable pour assurer la pérennité de la prothèse collée.

D'après la littérature, les modes de reconstruction des dents dépulpées proposés sont très variés. Classiquement trois techniques peuvent être utilisées: La restauration par une couronne à tenon radulaire type Richmond, qui est l'une des

techniques de reconstruction les plus anciennes. La couronne de substitution est solidaire du tenon radiculaire. Ensuite, la reconstitution courono-radiculaire par inlay core ou faux moignon coulé et enfin la reconstitution courono-radiculaire foulée [8].

Le praticien dispose aujourd'hui d'un éventail important de moyen de reconstitution des dents pulpées: deux grandes variantes prothétiques peuvent être utilisées: la prothèse à recouvrement total, le plus souvent scellée et la prothèse à recouvrement partiel, collée la plupart du temps [9],[10].

Dans le cas de niveau économique moyen **8,3%** ont proposé de faire un bridge en porte-à-faux remplaçant la 22, dont les dents piliers sont: 11-21; ils les ont choisis comme support vu qu'elles sont déjà délabrées par rapport à la canine qui est saine, poser un inlay core sur la 12, bridge collé remplaçant la 14, bridge de la 44 à 48 et finalement un bridge scellé remplaçant 36 et 37.

D'une manière similaire, l'étude réalisée par TIRLET G. & coll. à Paris [11] en 2015, a montré que pour un bridge en extension, le choix du point d'appui sur la centrale est à privilégier en cas de remplacement d'une incisive latérale supérieure, afin d'éviter l'appui sur la canine, qui reste la clé de voûte de l'occlusion en particulier lors de la diduction (fonction canine). De plus, cette dent présente à l'intersection des deux rayons de courbure de l'arcade maxillaire reste un lieu privilégié d'emmagasinement de contraintes d'origine mécanique.

Dans la situation économique aisée, les solutions thérapeutiques choisis sont presque similaires à celles des situations précédentes (faible ou moyenne), par exemple: bridge collé, PAPC, CCR... Sauf que pour remplacer les édentements, ils ont opté pour l'implantologie, meilleure solution pour les patients qui ont les moyens financiers.

Dans cette approche, FRADEANI M. & coll. [12] rapporte que si l'espace édenté est important, la réalisation d'un bridge sur piliers dentaires avec plusieurs éléments intermédiaires n'est pas d'un bon pronostic. Dans les secteurs postérieurs, le traitement implantaire peut être la solution la plus aisée.

Donc, le souci est de savoir la cause des extractions qui peut être révélée par un bon interrogatoire et des examens qui vont nous guider vers la bonne prise en charge du patient soutenue par l'avis du spécialiste.

Concernant la situation fictive où la patiente est sous radiothérapie pour un carcinome du pharynx + fausse route sur la 12 **41,7%** des internes ont estimé qu'il fallait conserver la 12 et ne pas l'extraire pour éviter le risque d'ostéoradionécrose.

Similairement, le travail réalisé par PAMELA J. HANOCOKS en 2003 [13], a démontré que le tiers des cas d'ORN surviennent spontanément. Alors que dans d'autres cas, l'ORN est la conséquence d'un trauma représenté par l'extraction dentaire.

**25%** des internes ont estimé la même proposition en procédant à la temporisation avec du MTA ou la Biodentine jusqu'à fermeture de la brèche (fausse route) et reprendre le TTT endodontique + CCC.

Dans le même contexte, l'étude menée par ALLOH -AMICHIA Y.C & coll., en 2011 [14], a indiqué que la prise en charge du patient **pendant la radiothérapie** est axée sur la surveillance des réactions des différents tissus de la cavité buccale et la motivation à l'hygiène. Un soutien psychologique est apporté en expliquant au patient les réactions habituelles de la radiothérapie. Le rôle de l'odontostomatologiste à ce stade s'inscrit dans le cadre d'une collaboration avec le radiothérapeute. La surinfection est traitée par des antibiotiques. Les soins sont possibles sur les dents situées hors le champ d'irradiation.

Cependant **(16,7%)** ont estimé qu'il fallait mettre la patiente sous ATB et extraire la 12 et l'englober à la PAP sans pour autant changer le protocole thérapeutique.

Contrairement, la littérature rapporte qu'**aucun acte chirurgical n'est souhaitable au moment de la radiothérapie**. Si des avulsions s'imposent, le chirurgien-dentiste pourra les effectuer si elles intéressent des dents situées hors le champ d'irradiation. Par contre, si les dents en cause sont dans le champ d'irradiation, il se limitera alors à des soins conservateurs, en traitant l'urgence et les avulsions seront réalisées une fois la radiothérapie terminée. Le praticien doit également veiller à ne pas modifier la position du centrage.

Après la discussion en groupe la solution retenue était: Conserver la 12 (ne pas l'extraire car il y a un risque d'ostéoradionécrose), et temporiser avec MTA jusqu'à fermeture de la fausse route puis après mettre une RCR foulée + CCR. Pour les autres soins dentaires, nous garderons la même thérapeutique initiale.

Des études ultérieures auprès des internes doivent avoir lieu dans le futur, concernant la décision d'extraire, de conserver ou de traiter les dents présentant des complications dentaires pendant la radiothérapie, en donnant les pourcentages, afin de pouvoir les comparer avec ceux de notre faculté.

La radiothérapie est à l'origine de séquelles et complications bucco-dentaires, d'où l'importance d'une prise en charge avant, pendant et après l'irradiation. Cette prise en charge préventive ou curative doit être adaptée aux modalités de l'irradiation après concertation avec le radiologue. Une collaboration multidisciplinaire s'impose [14].

## 5 CONCLUSION

L'étude du raisonnement clinique en prothèse dentaire exige une stratégie d'enseignement encadrée sous forme d'une activité d'apprentissage telle que la séance d'ARC comportant la discussion des cas diversifiés et multidisciplinaires en groupes, implantée soit à l'internat et/ou l'externat pour enrichir la formation en prothèse dentaire.

## REMERCIEMENT

Nous remercions tous les internes qui ont participé à l'étude.

## REFERENCES

- [1] Kaaouachi A. L'évaluation dans le système d'enseignement supérieur au Maroc: Bilan des réalisations, limites et principaux défis. Towards an Arab Higher Education Space: International Challenges and Societal Responsibilities P 409.
- [2] Chamberland M. Les séances d'apprentissage du raisonnement clinique (ARC): description de la méthode pédagogique. Université de SHERBROOK 2007 Page 2.
- [3] Bergeron D. Évaluation des modalités d'intégration d'un dentiste dans une équipe multidisciplinaire. Mémoire présenté à la faculté de médecine dentaire, université de Montréal, option dentisterie pédiatrique, Avril 2017.
- [4] Nendaz M, Charlin B, Leblanc V, Bordage G. Le raisonnement clinique: données issues de la recherche et implications pour l'enseignement. *Pédagogie Médicale* 2005; 6: 235-254.
- [5] Alencastro LD, Clair C, Locatelli I, Ebell MH, Senn N. Raisonnement clinique: de la théorie à la pratique... et retour. *Rev Med Suisse* 2017; 13: 986-9.
- [6] Christensen GJ. Implant-Supported Fixed vs Removable For Edentulism? Clinicians Report. March 2017; 10 (3).
- [7] Soualhi H, Elyamani A, Elbernoussi J. Édentement unitaire: réhabilitation par bridge collé. *Actualité Odonto-Stomatologiques* - n° 250 – juin 2010 p 163-173.
- [8] Taleghani M, Morgan RW. Reconstructive technique for endodontically treated teeth. *Quintess. Int.*, 1999, vol 23, n 11, pp 749-753.
- [9] Ogolnik R, Vigon M, Taieb F. Prothèse fixée: principe et pratique. Paris, Masson, 1993, pp 43-84.
- [10] Denissen HW. & coll. Five years study of all-porcelain veneers fixed partial dentures. *J. Oral. Rehab.*, 1993, vol 23, pp 319-327.
- [11] Tirlet G, Attal JP. Les bridges collés cantilever en vitrocéramique renforcée au disilicate de lithium. *Raisons du choix et mise en œuvre clinique. Réalités Cliniques* 2015. Vol 26, n° 1: pp. 35-46.
- [12] Fradeani M, Barducci G. Réhabilitation esthétique en prothèse fixée: Volume 2, Traitement prothétique Quintessence international 2009 p 40-42.
- [13] Hancock PJ, Epstein JB, Sadler GR. Traitements buccodentaires en rapport avec la radiothérapie de la tête et du cou. *Journal de l'association dentaire canadienne*, octobre 2003, vol. 69, n° 9: 585-90.
- [14] Alloah-amichia YC, N'cho KJ, Bamba A, Didier M, Giumelli B. RADIOThERAPIE ET PRISE EN CHARGE BUCCO-DENTAIRE DES PATIENTS. *Rev. Iv. Odonto-Stomatol.*, Vol.13, n°2, 2011, pp. 33-40.

## **L'apprentissage du raisonnement clinique en prothèse dentaire (Partie II: Enquête de satisfaction relative à l'introduction de l'ARC comme méthode de pédagogie active chez les internes en médecine dentaire)**

### **[ Learning clinical reasoning in prosthodontics (Part II: Satisfaction survey relating to the introduction of LCR as an active teaching method among dental interns) ]**

*I. Boujoual, B. Mbarki, R. Bahlioui, and A. Andoh*

Unit of Fixed prosthodontics, University hospital Ibn Rochd, Faculty of dentistry of Hassan II University, Casablanca, Morocco

Copyright © 2020 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 descriptive cross-sectional epidemiological survey was carried out on 12 interns (among 19 invited) from the 2017 and 2018 promotions. Our survey was in the form of a two-hour session, subdivided into 4 sequences: situation and evaluation of clinical reasoning in dental interns before LCR, discussion of clinical cases in groups and finally the study of the impact of the introduction of the LCR method. This satisfaction survey focused on several axes (pedagogical, technical and general appreciation aspects), respondents had to choose between five different degrees of satisfaction according to the LIKERT scale. The overall appreciation was very positive and the experience of introducing LCR as a model of pedagogical supervision was very accepted by all interns and they also demonstrated their preference for group work. This work is part of a set of two parts, the first deals with the evaluation of clinical reasoning in a population of dental interns at the end of their internship, and the second is a satisfaction survey relating to the introduction of LCR as a method of active teaching, within this same population.

**KEYWORDS:** Learning Clinical Reasoning, dental medicine, Prosthodontics, Dental Education, Pedagogy.

**RESUME:** Une enquête épidémiologique transversale descriptive a été menée sur 12 internes (parmi 19 convoqués) des promotions 2017 et 2018. Notre enquête était sous forme d'une séance de deux heures, subdivisée en 4 séquences: mise en situation et évaluation du raisonnement clinique chez les internes en médecine dentaire avant l'ARC, discussion des cas cliniques en groupe et enfin l'étude de l'impact de l'introduction de la méthode d'ARC. Cette enquête de satisfaction s'est focalisée sur plusieurs axes (aspects pédagogiques, techniques et appréciation générale), les répondants devaient choisir entre cinq différents degrés de satisfaction selon l'échelle de LIKERT. L'appréciation globale était très positive et l'expérience de l'introduction de l'ARC comme modèle de supervision pédagogique était très acceptée par tous les internes en outre ils ont démontré leur préférence du travail en groupe. Ce travail fait partie d'un ensemble de deux parties, la première traite l'évaluation du raisonnement clinique chez une population d'internes en médecine dentaire en fin d'internat, et la deuxième est une enquête de satisfaction relative à l'introduction de l'ARC comme méthode de pédagogie active, auprès de cette même population.

**MOTS-CLEFS:** Apprentissage du Raisonnement Clinique, Médecine dentaire, Prothèse dentaire, Enseignement dentaire, Pédagogie.

## **1 INTRODUCTION**

Depuis plusieurs années de nombreuses universités de médecine cherchent à élaborer de nouvelles méthodes d'enseignement dans le but d'améliorer l'acquisition de compétences médicales des étudiants en médecine auprès du malade.

La Faculté de Médecine Dentaire de Casablanca (FMDC) quant à elle, n'a pas hésité aussi à encourager le changement en impliquant tout le corps de l'établissement en l'occurrence la mise de nouvelles méthodes d'apprentissage telle que l'Apprentissage par Raisonnement Clinique (ARC).

La séance d'ARC est une alternative aux formes d'enseignement classiques, tels que les cours magistraux et les enseignements dirigés. Son rôle n'est pas de substituer à l'enseignement théorique mais au contraire d'être un allié dans la formation des étudiants en médecine. Elle dure une à deux heures et se fait par petits groupes, sans préparation préalable requise pour les étudiants. Son objectif est d'amener l'étudiant à acquérir, dans le cadre d'une plainte initiale d'un patient, une démarche diagnostique systématique et séquentielle en simulant le processus cyclique du raisonnement clinique.

En complémentarité avec les stages cliniques, ces séances visent à faciliter chez les étudiants le développement de leur raisonnement clinique autant en termes de stratégies générales que de connaissances spécifiques.

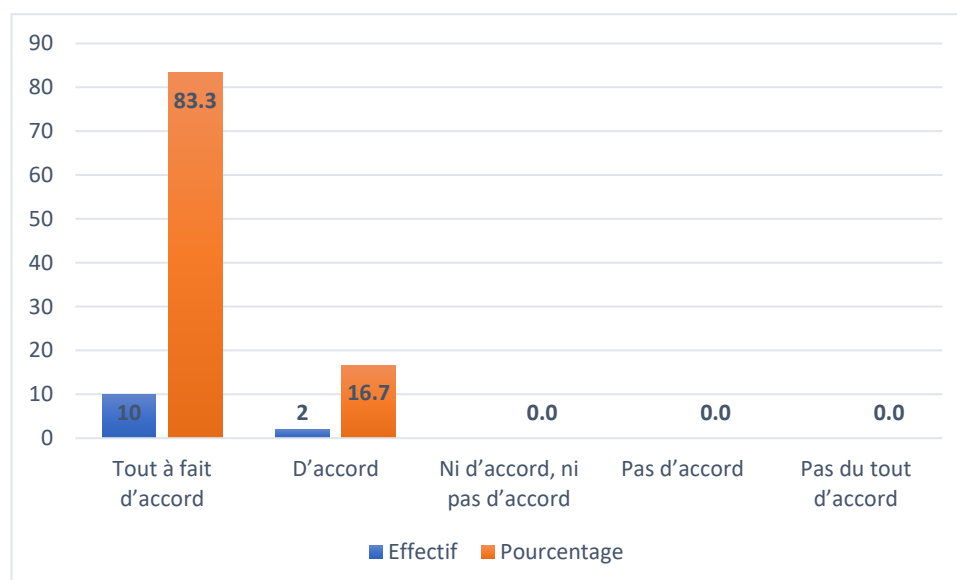
Afin d'étudier le raisonnement clinique en prothèse dentaire et d'évaluer l'intérêt des séances d'ARC, une étude transversale descriptive a été réalisée auprès des internes en fin de formation au service de Prothèse Conjointe à la FMDC, ceci avant et après l'introduction de la méthode d'ARC, pour la résolution des problèmes et développer la prise en charge multidisciplinaire, avec l'objectif de l'amélioration continue des différents enseignements et les stratégies d'évaluation des apprentissages.

## 2 ENQUÊTE DE SATISFACTION RELATIVE AUX ASPECTS PÉDAGOGIQUES

### 2.1 COMMUNICATION CLAIRE DES OBJECTIFS DE LA SÉANCE

Sur les 12 internes qui ont répondu à la question:

- 10 internes (soit **83,3%**) sont tout à fait d'accord que les objectifs sont clairement définis.
- 2 internes (soit **16,7%**) sont d'accord que les objectifs sont clairement définis.



**Fig. 1.** Communication claire des objectifs de la séance

### 2.2 CORRESPONDANCE ENTRE LE CONTENU ET LES OBJECTIFS (FIGURE 2)

Sur les 12 internes qui ont répondu à la question:

- 7 internes (soit **58,3%**) sont tout à fait d'accord qu'il y a une correspondance entre le contenu et les objectifs.
- 5 internes (soit **41,7%**) sont d'accord qu'il y a une correspondance entre le contenu et les objectifs.

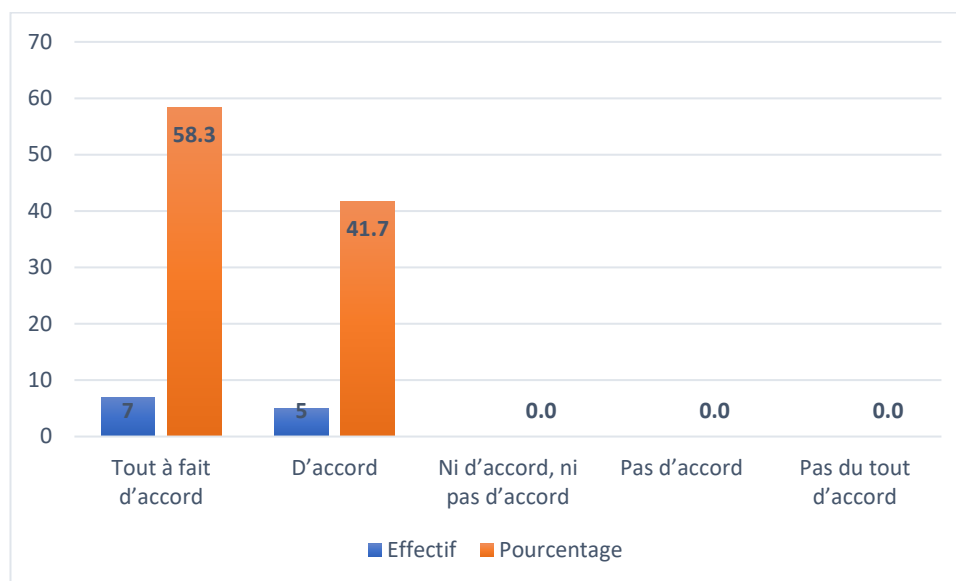


Fig. 2. Correspondance entre le contenu et les objectifs

### 2.3 ORGANISATION ET STRUCTURE DE LA SÉANCE (FIGURE 3)

Sur les 12 internes qui ont répondu à la question:

- 5 internes (soit **41,7%**) estiment que la séance était extrêmement structurée.
- 6 internes (soit **50%**) estiment que la séance était très structurée.
- 1 interne (soit **8,3%**) estime que la séance était passablement structurée.

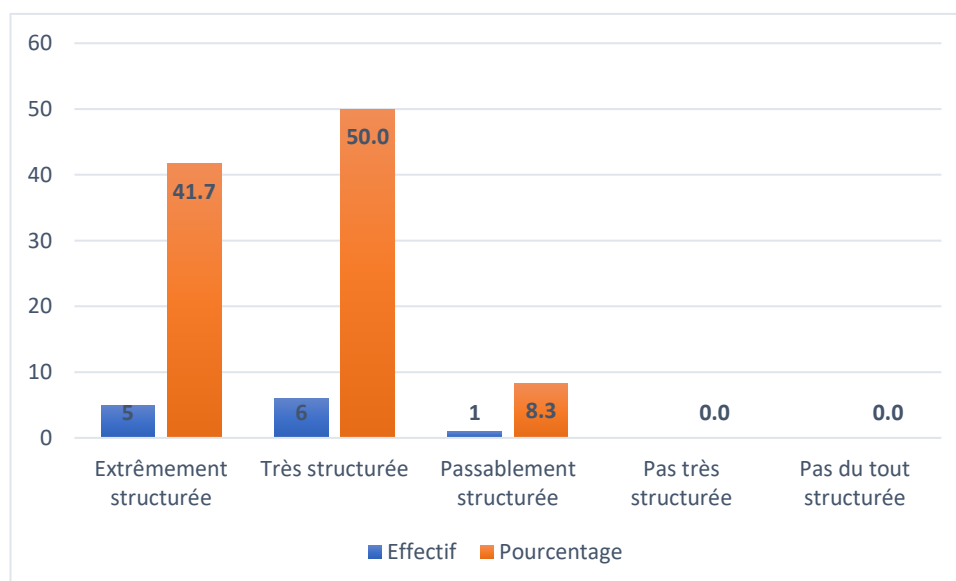
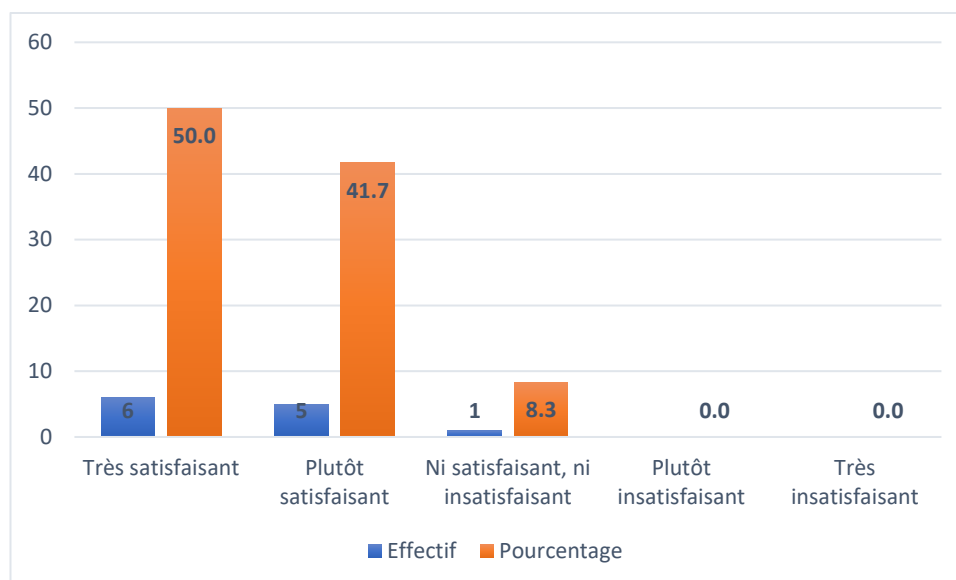


Fig. 3. Avis des internes concernant la structure de la séance

### 2.4 DEGRÉ D'ASSIMILATION (FIGURE 4)

Sur les 12 internes qui ont répondu à la question:

- 6 internes (soit **50%**) estiment que le degré d'assimilation dans une seule séance est très satisfaisant
- 5 internes (soit **41,7%**) estiment que le degré d'assimilation dans une seule séance est plutôt satisfaisant
- 1 interne (soit **8,3%**) estime que le degré d'assimilation dans une seule séance n'est ni satisfaisant, ni insatisfaisant.

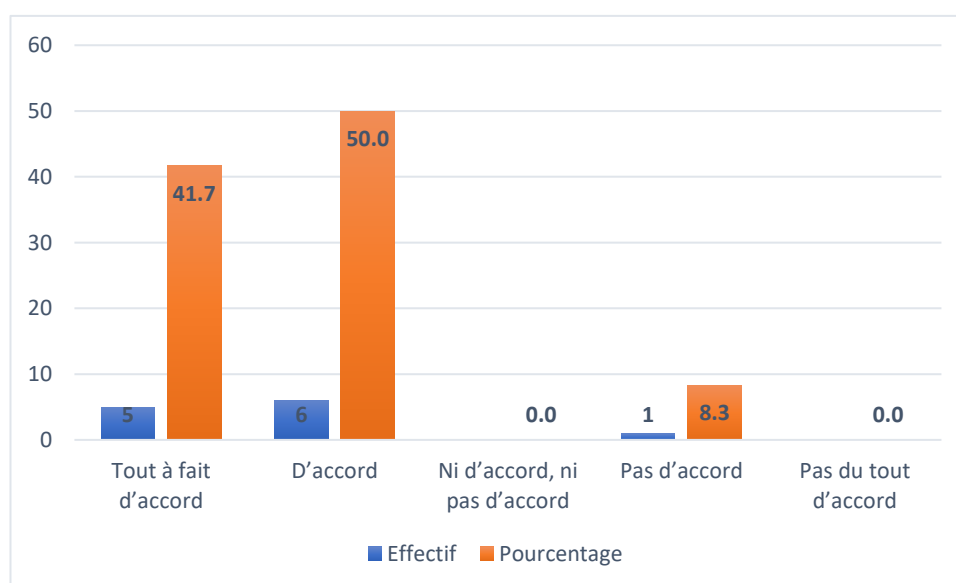


**Fig. 4.** Degré d'assimilation dans une seule séance

## 2.5 MISE À JOUR DU CONTENU (FIGURE 5)

Sur les 12 internes qui ont répondu à la question:

- 5 internes (soit **41,7%**) sont tout à fait d'accord que le contenu leur semble à jour par rapport à ce qu'ils perçoivent de l'évolution de la prothèse dentaire.
- 6 internes (soit **50%**) sont d'accord.
- 1 interne (soit **8,3%**) n'est pas d'accord.



**Fig. 5.** Mise à jour du contenu

## 2.6 CLARTÉ DES CONSIGNES (FIGURE 6)

Sur les 12 internes qui ont répondu à la question:

- 4 internes (soit **33,3%**) pensent que les consignes sont extrêmement claires.
- 6 internes (soit **50%**) pensent que les consignes sont très claires.
- 1 interne (soit **8,3%**) pense que les consignes sont peu claires.
- 1 interne (soit **8,3%**) pense que les consignes ne sont pas claires du tout.



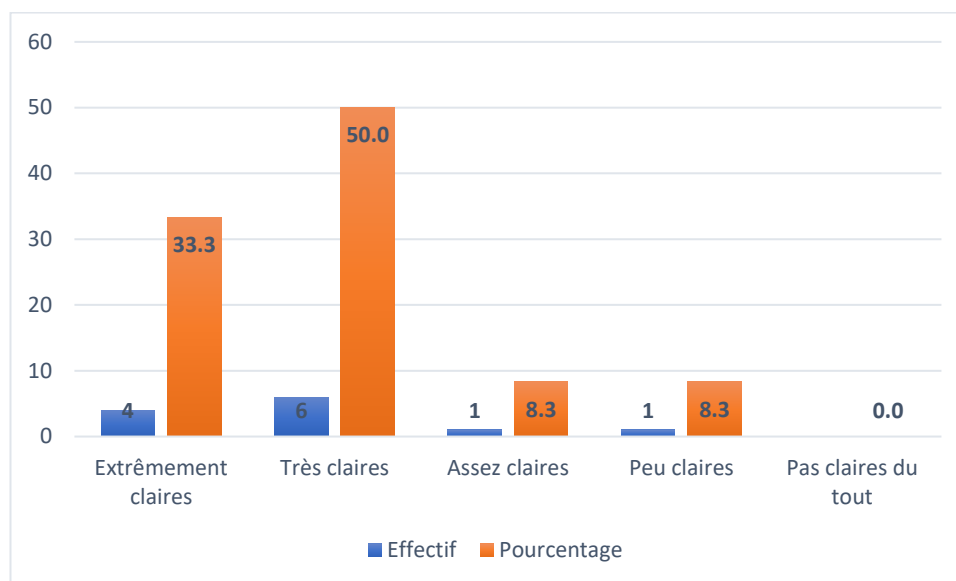


Fig. 6. Clarté des consignes

## 2.7 DIFFICULTÉS TROUVÉES DU RAISONNEMENT CLINIQUE (TABLEAU 1 – FIG.7)

Les difficultés du RC perçues par les internes étaient en rapport avec:

- 1- L'organisation des idées (**75%**)
- 2- Interrelation entre la prothèse et les autres spécialités (**58,3%**)
- 3- Établissement d'un plan de traitement bien structuré (**50%**)
- 4- Interprétation des données (**16,7%**)

Le nombre de citations est supérieur à l'effectif total (12) du fait de réponses multiples (6 au maximum).

Tableau 1. Difficultés du raisonnement clinique trouvées par les internes

| Difficultés                                                         | Nb. cit. | Pourcentage |
|---------------------------------------------------------------------|----------|-------------|
| Établissement d'un plan de traitement bien structuré                | 6        | 50          |
| Organisation des idées                                              | 9        | 75          |
| Interprétation des données                                          | 2        | 16,7        |
| Intégration du rôle du médecin spécialiste                          | 0        | 0           |
| Interrelation entre la prothèse et les autres spécialités dentaires | 7        | 58,3        |

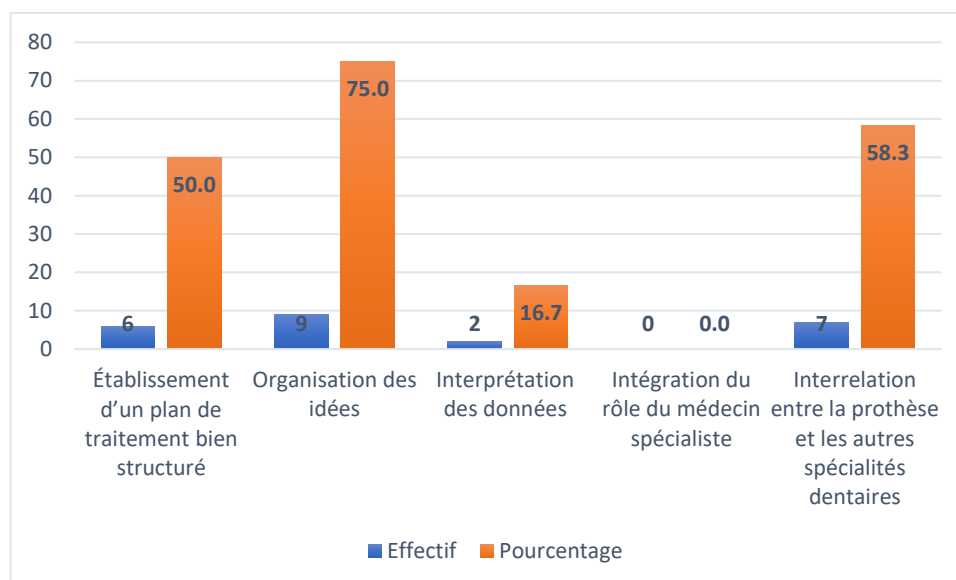


Fig. 7. Difficultés du raisonnement clinique trouvées par les internes

## 2.8 AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES CAS CLINIQUES PRÉSENTÉS PAR L'ENSEIGNANT LORS DE L'ARC PAR RAPPORT AUX CAS PRIS EN CHARGE PAR LES INTERNES

### Avantages:

- Possibilité de discussion avec plusieurs praticiens
- Prendre d'autres avis
- Bon entraînement pour la démarche diagnostique
- Plus intéressants
- Plus stimulants
- Plus instructifs
- Révision des cas non rencontrés en stage clinique
- Structuration de la prise en charge
- Multidisciplinarité
- Cas diversifiés qui nécessitent beaucoup de raisonnement pour établir un plan de traitement approprié
- Avoir plus d'informations et d'idées
- Gestion des cas compliqués

### Inconvénients:

- Complexité du 3<sup>ème</sup> cas clinique
- Diversité des contextes socio-économiques des patients
- Patients non connus, ni vus
- Moins de travail personnel
- Pour compléter les informations cliniques (avoir le patient sur fauteuil nous permet de relever plus d'informations cliniques)

## 2.9 NATURE DES CAS CLINIQUES (FIGURE 8)

Sur les 12 internes qui ont répondu à la question:

- 1 interne (soit 8,3%) trouve que les cas cliniques sont très faciles.
- 10 internes (soit 83,3%) trouvent que les cas cliniques sont relativement faciles.
- 1 interne (soit 8,3%) trouve que les cas cliniques ne sont pas du tout faciles.

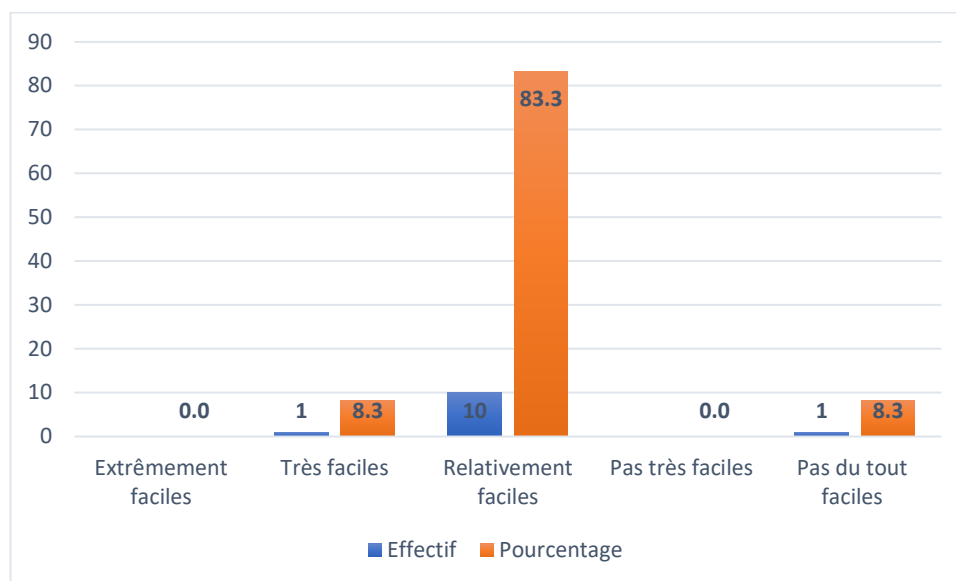


Fig. 8. Nature des cas cliniques

## 2.10 PROCESSUS DU RAISONNEMENT CLINIQUE (FIGURE 9)

Sur les 12 internes qui ont répondu à la question:

- 7 internes (soit **58,3%**) utilisent le plus souvent le processus analytique.
- 5 internes (soit **41,7%**) utilisent le plus souvent le processus non analytique.

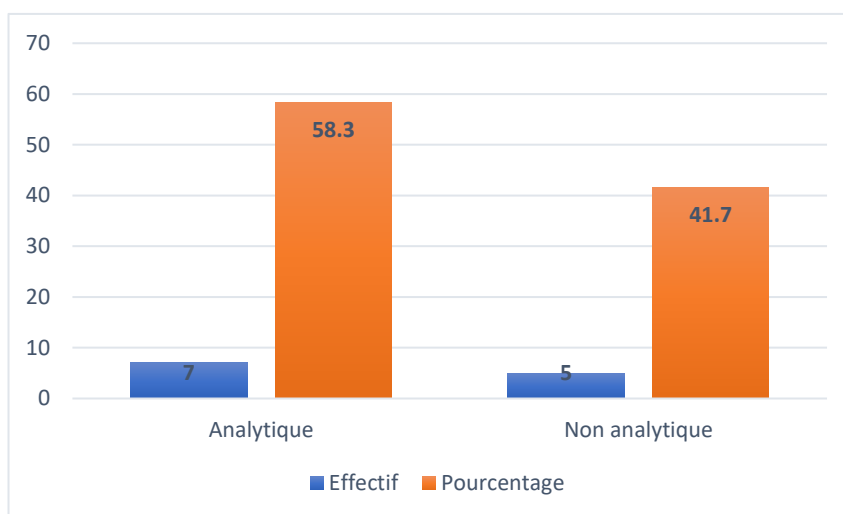


Fig. 9. Processus du raisonnement clinique

## 3 ENQUÊTE DE SATISFACTION RELATIVE AUX ASPECTS TECHNIQUES ET MÉDIATIVES

### 3.1 DIVERSITÉ DES DOCUMENTS

Sur les 12 internes qui ont répondu à la question:

- 8 internes (soit **66,7%**) sont très satisfaits de la diversité des documents.
- 4 internes (soit **33,3%**) sont plutôt satisfaits de la diversité des documents.

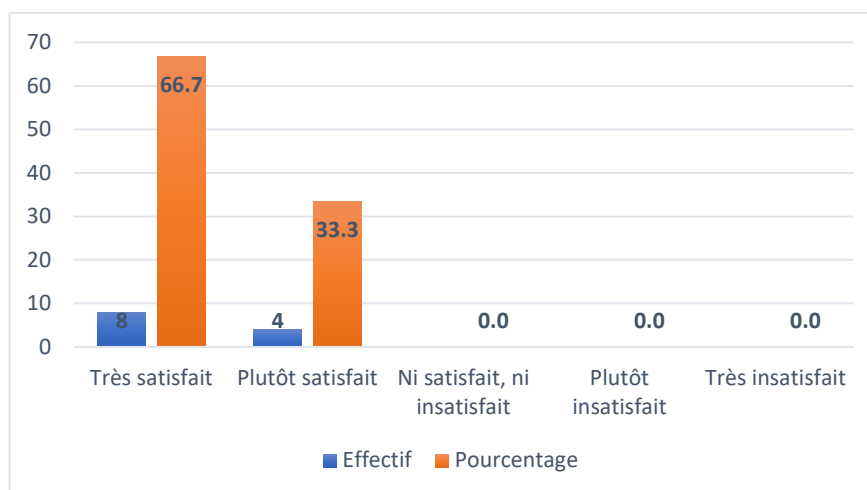


Fig. 10. Diversité des documents

### 3.2 QUALITÉ DU SUPPORT IMPRIMÉ ET DES MODÈLES D'ÉTUDE

Sur les 12 internes qui ont répondu à la question:

- 10 internes (soit **83,3%**) trouvent que la qualité du support est extrêmement suffisante.
- 2 internes (soit **16,7%**) trouvent que la qualité du support est très suffisante.

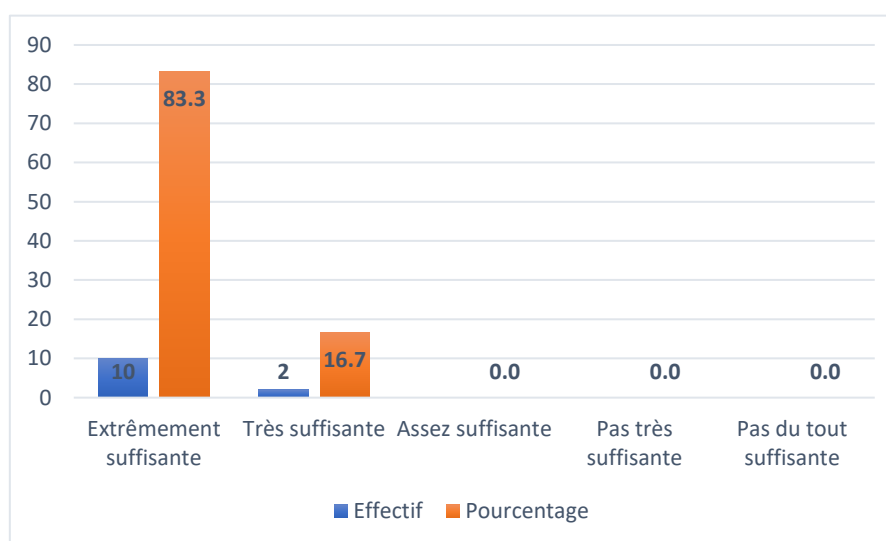


Fig. 11. Qualité du support imprimé et des modèles d'étude

### 3.3 SUGGESTIONS PROPOSÉES PAR LES INTERNES POUR AMÉLIORER LA SÉANCE SUR LES PLANS TECHNIQUES ET MÉDIATIQUES

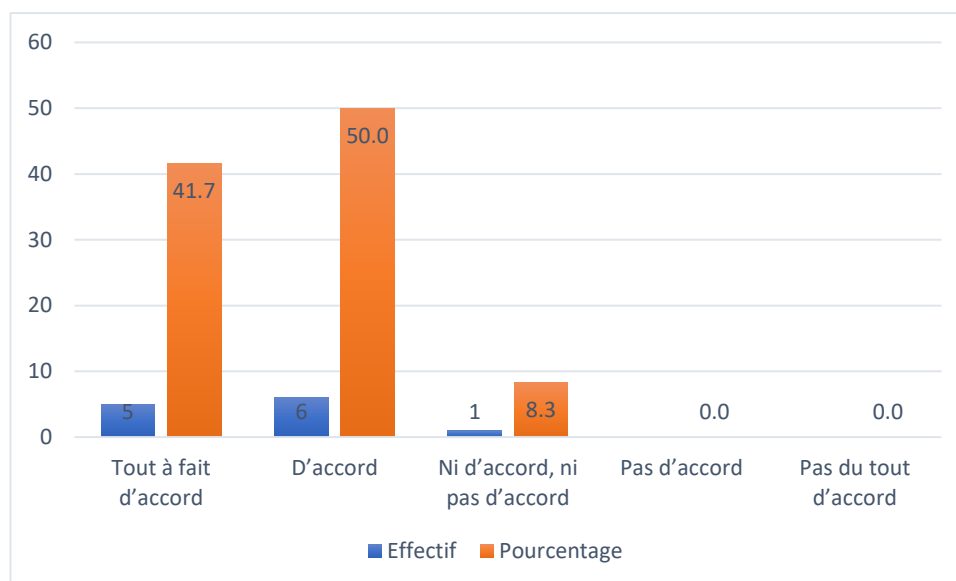
- Présence des spécialistes de différentes disciplines
- Avoir un support audio-visuel (des vidéos) montrant les différentes techniques de préparations et de matériaux dentaires utilisés lors du traitement des cas.
- Présenter au moins un cas clinique par semaine dont ce dernier est pris en charge par les internes eux-mêmes.

## 4 ENQUÊTE DE SATISFACTION GÉNÉRALE

### 4.1 AMÉLIORATION DU RAISONNEMENT CLINIQUE

Sur les 12 internes qui ont répondu à la question:

- 5 internes (soit **41,7%**) sont tout à fait d'accord que le raisonnement clinique qu'ils adoptaient auparavant s'est amélioré après la séance d'ARC.
- 6 internes (soit **50%**) sont d'accord.
- 1 interne (soit **8,3%**) n'est ni d'accord, ni pas d'accord.

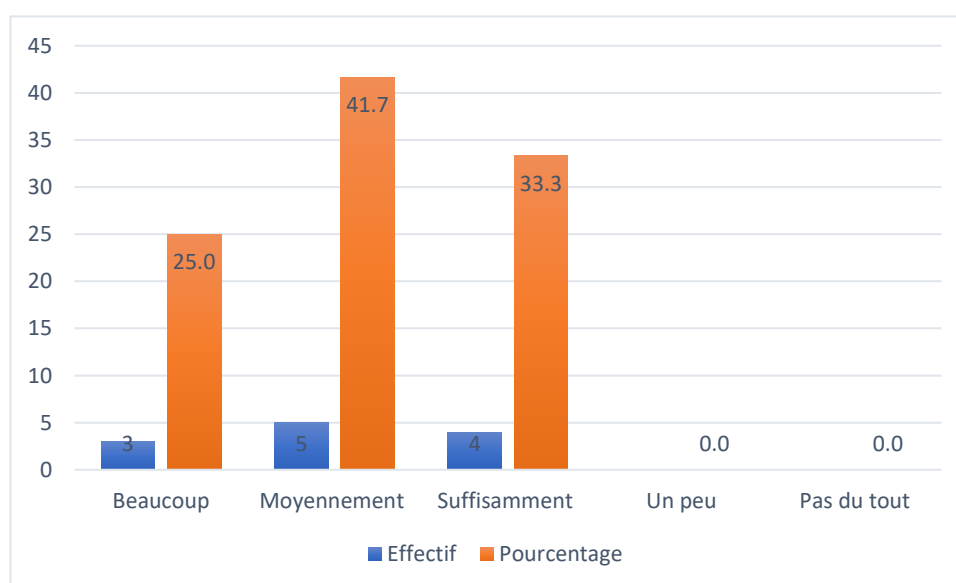


**Fig. 12. Amélioration du RC**

#### 4.2 TAUX D'APPRENTISSAGE (FIGURE 13)

Sur les 12 internes qui ont répondu à la question:

- 3 internes (soit **25%**) ont beaucoup appris de la séance.
- 5 internes (soit **41,7%**) ont moyennement appris.
- 4 internes (soit **33,3%**) ont suffisamment appris.



**Fig. 13. Taux d'apprentissage**

### 4.3 UTILITÉ DE LA SÉANCE

Sur les 12 internes qui ont répondu à la question:

- 8 internes (soit **66,7%**) estiment que ce qu'ils ont appris dans cette séance leur servira beaucoup.
- 3 internes (soit **25%**) estiment que ce qu'ils ont appris dans cette séance leur servira moyennement.
- 1 interne (soit **8,3%**) estime que ce qu'il a appris dans cette séance lui servira suffisamment

### 4.4 LE PLUS APPRÉCIÉ DANS LA SÉANCE (POINTS FORTS)

- La communication
- Le sens de partage
- Discussion des cas cliniques entre l'ensemble de l'équipe
- L'échange d'opinions et d'idées
- Le travail en groupe
- Poser plusieurs options thérapeutiques
- Les cas cliniques bien traités et détaillés
- La supervision de l'enseignant lors de la discussion
- Introduction d'une méthode permettant d'améliorer le niveau de réflexion clinique
- Vulgarisation de la notion de l'apprentissage par l'ARC
- Qualité des supports techniques et médiatiques
- Tous les documents nécessaires ont été à notre disposition
- L'interrelation entre les différentes spécialités est très importante.
- 3 cas cliniques différents de gravité croissante

### 4.5 LE MOINS APPRÉCIÉ DANS LA SÉANCE (POINTS FAIBLES)

- Manque de temps
- Gestion de notre temps nous les internes
- Bruit à la parole
- Pas d'avis de spécialistes

### 4.6 LA RÉFLEXION EN GROUPE (FIGURE 14)

Sur les 12 internes qui ont répondu à la question:

- 8 internes (soit **66,7%**) sont tout à fait d'accord que la réflexion en groupe a amélioré leur méthode de raisonnement.
- 4 internes (soit **33,3%**) sont d'accord.

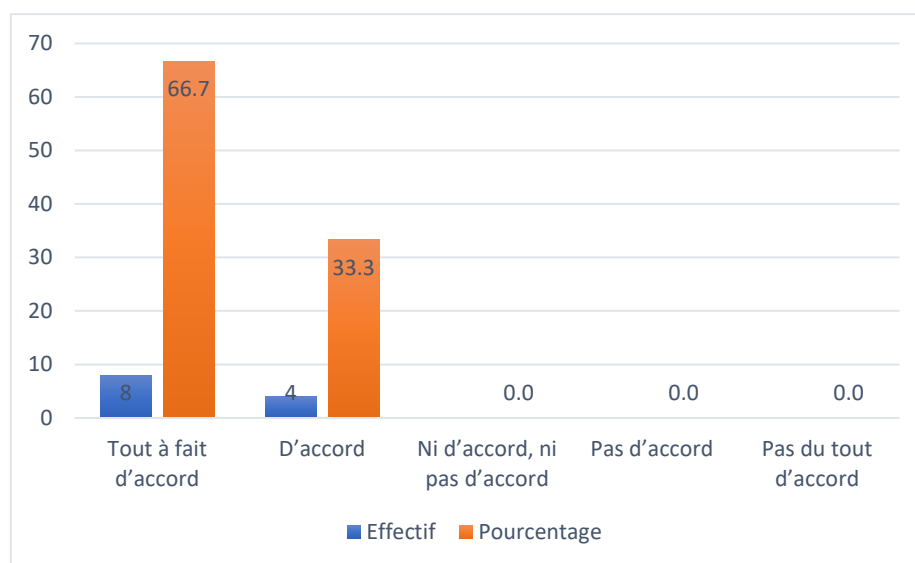


Fig. 14. Réflexion en groupe

#### 4.7 MÉTHODES DE SUPERVISION DU RAISONNEMENT CLINIQUE (TABLEAU 2-Fig15)

Les internes ont classé les méthodes par **rang croissant**:

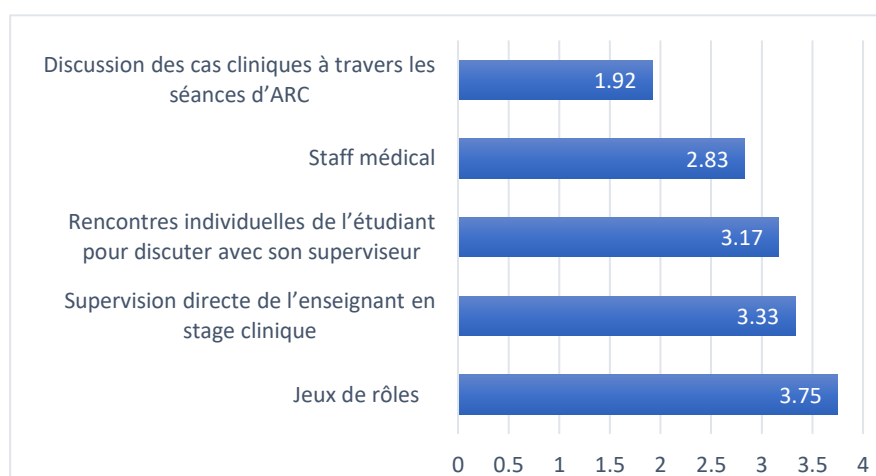
- 1<sup>er</sup> rang: Discussion de cas cliniques à travers des séances d'ARC (**66,7%**)
- 2<sup>e</sup> rang: Staff médical (**50%**)
- 3<sup>e</sup> rang: Rencontres individuelles de l'étudiant pour discuter avec son superviseur (**33,3%**)
- 4<sup>e</sup> rang: Supervision directe de l'enseignant en stage clinique (**33,3%**)
- 5<sup>e</sup> rang: Jeux de rôles étaient les moins appréciés (**41,7%**)

Le nombre de citations est supérieur à l'effectif total (12) du fait de réponses multiples ordonnées de 1 à 5.

Le rang moyen de citation de chaque méthode de supervision est indiqué entre parenthèses dans la dernière colonne.

**Tableau 2. Méthodes de supervision du RC préférées par les internes**

| Méthodes de supervision                                                   | Nb. Cit. (Rang1) | %    | Nb. Cit. (Rang2) | %    | Nb. Cit. (Rang3) | %    | Nb. Cit. (Rang4) | %    | Nb. Cit. (Rang5) | %    | Nb. Cit. (Somme)   |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------|------|------------------|------|------------------|------|------------------|------|------------------|------|--------------------|
| Discussion des cas cliniques à travers les séances d'ARC                  | 8                | 66,7 | 1                | 8,3  | 1                | 8,3  | 0                | 0    | 2                | 16,7 | 12 ( <b>1,92</b> ) |
| Supervision directe de l'enseignant en stage clinique                     | 1                | 8,3  | 2                | 16,7 | 4                | 33,3 | 2                | 16,7 | 3                | 25   | 12 ( <b>3,33</b> ) |
| Rencontres individuelles de l'étudiant pour discuter avec son superviseur | 2                | 16,7 | 2                | 16,7 | 2                | 16,7 | 4                | 33,3 | 2                | 16,7 | 12 ( <b>3,17</b> ) |
| Jeux de rôles                                                             | 1                | 8,3  | 1                | 8,3  | 3                | 25   | 2                | 16,7 | 5                | 41,7 | 12 ( <b>3,75</b> ) |
| Staff médical                                                             | 0                | 0    | 6                | 50   | 2                | 16,7 | 4                | 33,3 | 0                | 0    | 12 ( <b>2,83</b> ) |



**Fig. 15. Rang moyen de citation de chaque méthode de supervision de RC préférée par les internes**

#### 4.8 BESOINS D'APPRENTISSAGE (TABLEAU 3-FIGURE 16)

Les internes ont classé leurs besoins d'apprentissage par **ordre croissant** comme suit:

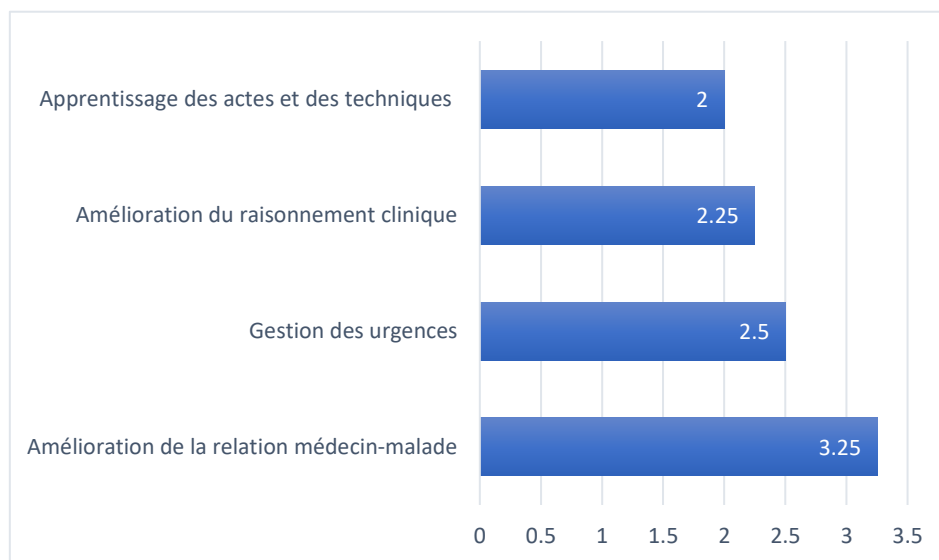
1. Apprentissage des actes et des techniques en 1<sup>er</sup> lieu (**41,7%**)
2. Amélioration du raisonnement clinique (**50%**)
3. Gestion des urgences (**25%**)
4. Amélioration de la relation médecin-malade en dernier lieu (**58,3%**)

Le nombre de citations est supérieur à l'effectif total (12) du fait de réponses multiples ordonnées de 1 à 4.

Le rang moyen de citation de chaque besoin d'apprentissage est indiqué entre parenthèses dans la dernière colonne.

**Tableau 3.** *Besoins d'apprentissage des internes en prothèse dentaire*

| Besoins d'apprentissage                    | Nb. Cit. (Rang1) | %    | Nb. Cit. (Rang2) | %  | Nb. Cit. (Rang3) | %  | Nb. Cit. (Rang4) | %    | Nb. Cit. (Somme) |
|--------------------------------------------|------------------|------|------------------|----|------------------|----|------------------|------|------------------|
| Apprentissage des actes et des techniques  | 5                | 41,7 | 3                | 25 | 3                | 25 | 1                | 8,3  | 12 (2,00)        |
| Gestion des urgences                       | 3                | 25   | 3                | 25 | 3                | 25 | 3                | 25   | 12 (2,50)        |
| Amélioration de la relation médecin-malade | 2                | 16,7 | 0                | 0  | 3                | 25 | 7                | 58,3 | 12 (3,25)        |
| Amélioration du raisonnement clinique      | 2                | 16,7 | 6                | 50 | 3                | 25 | 1                | 8,3  | 12 (2,25)        |

**Fig. 16.** *Rang moyen de citation de chaque besoin d'apprentissage des internes en prothèse dentaire*

#### 4.9 ADAPTATION DE L'ARC À L'ENSEIGNEMENT DE LA PROTHÈSE DENTAIRE AU PROGRAMME D'INTERNAT (FIGURE 17)

Tous les 12 internes (100%) sont satisfaits de cette méthode d'ARC, car cette dernière leur permet:

- La stimulation de la réflexion
- La simplification du raisonnement clinique
- Enrichir le capital clinique et scientifique en termes de connaissances et de raisonnements.
- La complémentarité entre le théorique et la pratique
- La corrélation entre les données de la littérature et l'expérience personnelle des enseignants en adaptant la prise en charge au contexte marocain.
- Corriger beaucoup d'acquis
- Poser le plan de traitement adapté à chaque situation clinique
- Partager les idées
- Avoir beaucoup d'informations dans les différentes spécialités



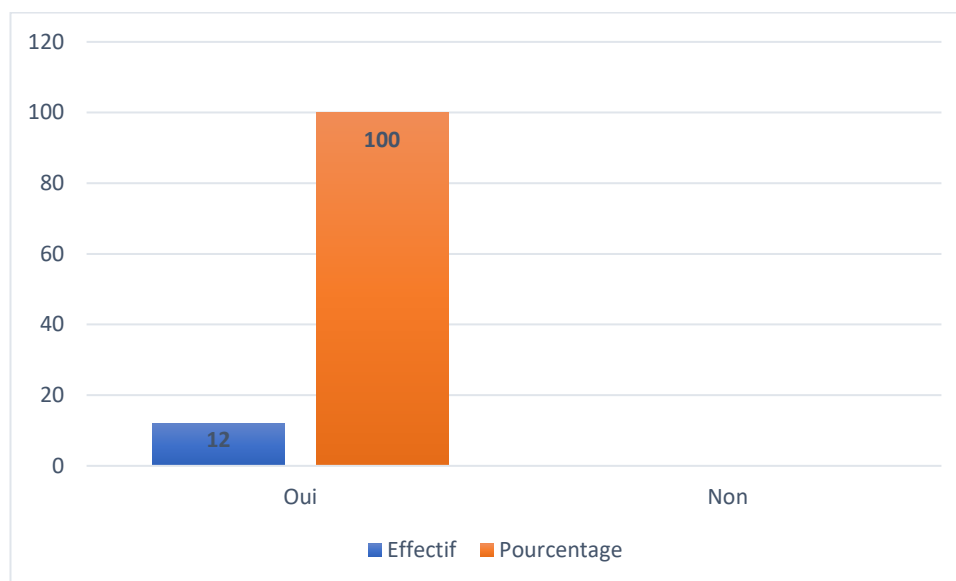


Fig. 17. Adaptation de l'ARC à l'enseignement de la prothèse dentaire au programme d'internat

## 5 DISCUSSION

Le choix de cette étude se propose d'évaluer le raisonnement clinique en prothèse dentaire, développer une approche globale multidisciplinaire de la prise en charge du patient et repose volontairement sur le ressenti et l'avis des internes à propos de la qualité d'enseignement par raisonnement clinique et d'évoquer des propositions pédagogiques concrètes afin d'optimiser celui-ci.

L'expérience pédagogique que nous rapportons n'a inclus qu'un nombre limité d'internes ceux qui sont en fin de formation. En général, l'accès à l'internat à la FMDC n'admet qu'une dizaine d'étudiants par promotion. Dans notre étude, certains internes ont abandonné l'internat, d'autres ne se sont pas présentés le jour de la séance d'où l'effectif devenu restreint. De plus, certains internes parmi les assistants ont remis le questionnaire incomplet.

D'une vue générale, la majorité des internes ont ressenti que leur RC s'est amélioré après la séance d'ARC soit (91,7%) face à (8,3%) qui sont restés neutres. De même, la réflexion en groupe était bénéfique et enrichissante leur permettant de mener une démarche diagnostique et thérapeutique raisonnable.

Après une réflexion individuelle que l'apprenant partagera en groupe, chacun s'efforcera de préciser pour lui-même ce qu'il maîtrise, ce qu'il devra revoir ou approfondir par une étude complémentaire et les stratégies qu'il devra mettre en place pour y arriver. Chacun est responsable de compléter seul ses objectifs, puisqu'il n'y aura pas de retour systématique sur le problème à l'intérieur des autres séances d'ARC [1].

- Nous constatons que (25%) des internes ont beaucoup appris de la séance et satisfaits de son déroulement, alors que (41,7%) en ont moyennement appris et tandis que (33,3%) en ont suffisamment appris.
- En ce qui concerne le mode d'utilité de la séance, nous avons enregistré parmi les répondants à la question que (66,7%) estiment que ce qu'ils ont appris dans cette séance leur servira beaucoup, tandis que (8,3%) rapporte que la séance est suffisamment utile.

Plusieurs études ont montré que l'ARC permet à l'étudiant, en complément des stages cliniques, de développer son raisonnement clinique [2].

- En général, les méthodes de supervision du RC sont diversifiées afin de détecter celles qui favorisent le développement du raisonnement clinique par une supervision directe et indirecte lors des staffs cliniques, des gardes, des consultations, des discussions en petits groupes, des études de cas cliniques, des présentations et rédactions des observations, des jeux de rôles, des topos interactifs, d'apprentissage par résolution de problème et d'apprentissage au raisonnement clinique. Dans notre enquête, les internes ont préféré par rang croissant: la discussion des cas cliniques à travers des séances d'ARC était classée en 1<sup>er</sup> rang (66,7%), suivie de staff médical en 2<sup>e</sup> rang (50%), les rencontres individuelles de l'étudiant pour discuter avec son superviseur en 3<sup>e</sup> rang (33,3%) et la supervision directe de l'enseignant en stage clinique en 4<sup>e</sup> rang (33,3%), alors que les jeux de rôles étaient les moins appréciés et classés en 5<sup>e</sup> et en dernier rang (41,7%).

- *Les besoins d'apprentissage* en service de prothèse dentaire chez les internes, étaient en 1<sup>er</sup> lieu, l'apprentissage des actes et des techniques **(41,7%)**, suivi de l'amélioration du raisonnement clinique **(50%)**, puis la gestion des urgences **(25%)** et en dernier lieu l'amélioration de la relation médecin-malade **(58,3%)**.
- L'ARC a été jugé adapté à l'enseignement de prothèse dentaire en programme d'internat par tous les internes sans exception **(100%)**, car il permet de stimuler la réflexion, simplifier le raisonnement clinique, corriger beaucoup d'acquis, partager les idées et recueillir le maximum d'informations dans les différentes spécialités, ainsi que d'enrichir le capital clinique et scientifique en termes de connaissances et de raisonnements.

Il constitue une complémentarité entre le théorique et la pratique et participe à la corrélation entre les données de la littérature et l'expérience personnelle des enseignants en adaptant la prise en charge au contexte marocain.

## 6 CONCLUSION

Concernant la séance d'ARC, plusieurs résultats ont été obtenus dont les plus importants sont:

- Une satisfaction générale au niveau des aspects pédagogiques et techniques
- Quelques difficultés du RC au niveau de l'organisation des idées, l'interrelation entre la prothèse et les autres spécialités, l'établissement d'un plan de traitement bien structuré et l'interprétation des données.
- La méthode de supervision du RC la plus préférée chez les internes était la discussion des cas cliniques à travers les séances d'ARC, tandis que la moins appréciée était le jeu de rôles.
- L'apprentissage des actes et des techniques était le besoin d'apprentissage le plus sollicité.
- La séance d'ARC est jugée intéressante, utile et adaptée à l'enseignement de la prothèse dentaire en programme d'internat pour tous les internes.

## REMERCIEMENT

Nous remercions tous les internes qui ont participé à l'étude.

## REFERENCES

- [1] Chamberland M. Les séances d'apprentissage du raisonnement clinique (ARC) un exemple d'activité pédagogique contextualisée adaptée aux stages cliniques en Médecine. Ann. Med. Interne, 1998, 149, n°8, pp. 479-484.
- [2] Zairi I, Mzoughi K, Ben Dhiab M, Soussi S, Kraiem S. Évaluation des séances d'apprentissage du raisonnement clinique par les étudiants de troisième année médecine. LA TUNISIE MÉDICALE – 2017; Vol 95 (n°01).

## Comportement à la flottation du minerai oxydé cuprocobaltifère de Kimpe en RD Congo par sulfuration superficielle

### [ Flotation behavior of the oxidized copper-cobalt-bearing ore from Kimpe in RD Congo by surface sulphidisation ]

*P. Sony<sup>1-2</sup>, O. Tshibangu<sup>1</sup>, G. Kasongo<sup>1</sup>, F. Manene<sup>1-2-3</sup>, P. Kalenga<sup>1</sup>, L. Zeka<sup>1-2-3</sup>, and A. Ilunga<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Département de Chimie Industrielle, Faculté Polytechnique, Université de Lubumbashi, B.P. 1825, Lubumbashi, RD Congo

<sup>2</sup>Centre de Recherche et d'Expertise ZEBRE - CreZ, RD Congo

<sup>3</sup>Section de Chimie et Métallurgie Appliquées, Institut Supérieur des Techniques Appliquées, B.P. 299, Kolwezi, RD Congo

---

Copyright © 2020 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 flotation by surface sulphidisation of the oxidized copper-cobalt-bearing ore from Kimpe (1.97% Cu; 0.66% Co) was studied in order to evaluate its behavior by the analysis of its most influential parameters and their possible interactions. Tests limited to a simple roughing were planned and carried out according to a factorial approach using the Taguchi method. The results were found on the basis of the Signal-to-Noise (S/N) analysis and the analysis of variance (ANOVA) by considering the experience plan of the orthogonal matrix L<sub>16</sub> (4<sup>5</sup>). The work consisted in studying the doses of the main collector potassium amyl xanthate (PAX), of the sulphiting (NaHS), of the dispersant (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) and of the mixture (Gasoil-Rinkalore 840) as well as the particle size of the former miner at float. The predictive model of Taguchi's analysis predicts recovery yields of 88.44% Cu and 84.90% Co under optimal copper recovery conditions and 88.70% Co and 86.00% Cu under optimal conditions cobalt recovery. The optimal relative levels of the parameters studied are: 300 g/t PAX, 200 g/t Mixture, 4000 g/t NaHS, 200 g/t Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> and a particle size of 20% +75 µm for Cu and 400 g/t PAX, 200 g/t Mixture, 4000 g/t NaHS, 300 g/t Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> and a particle size of 20% + 75 µm for cobalt. It also emerges from the results obtained that the dose of PAX and that of NaHS are the influencing parameters. In terms of parametric interactions, for the recovery of copper, the mixture and the dose of the dispersant are in interaction considered to be weak. While the dosing of the collector and the particle size are in strong interaction given the differences in parallelism noted. The interaction between the dose of silicate and the dose of sulphiting can be considered weak for the recovery of cobalt.

**KEYWORDS:** Flotation, Taguchi method, analysis of variance, copper-cobalt-bearing oxidized ore from Kimpe.

**RESUME:** La flottation par sulfuration superficielle du minerai oxydé cuprocobaltifère de Kimpe (1,97 % Cu; 0,66 % Co) a été étudiée afin d'évaluer son comportement par l'analyse de ses paramètres les plus influents et leurs interactions éventuelles. Des essais limités à un simple ébauchage ont été planifiés et réalisés suivant une approche factorielle en utilisant la méthode de Taguchi. Les résultats ont été évalués sur base de l'analyse du ratio Signal-Bruit (S/B) et l'analyse de la variance (ANOVA) en considérant le plan d'expérience de matrice orthogonale L<sub>16</sub> (4<sup>5</sup>). Le travail a consisté à étudier les doses du collecteur principal amyl xanthate de potassium (PAX), du sulfurant (NaHS), du dispersant (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) et de la mixture (Gasoil-Rinkalore 840) ainsi que la granulométrie de l'échantillon du minerai à flotter. Le modèle prédictif de l'analyse de Taguchi prévoit les rendements de récupération de 88,44 % Cu et 84,90 % Co dans les conditions optimales de récupération cuivre et de 88,70 % Co et 86,00 % Cu dans les conditions optimales de récupération du cobalt. Les niveaux optimaux relatifs des paramètres étudiés sont: 300 g/t PAX, 200 g/t Mixture, 4000 g/t NaHS, 200 g/t Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> et une granulométrie de 20 % +75 µm pour le Cu et 400 g/t PAX, 200 g/t Mixture, 4000 g/t NaHS, 300 g/t Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> et une granulométrie de 20 % +75 µm pour le cobalt. Il ressort aussi des résultats

obtenus que la dose de PAX et celle de NaHS sont les paramètres influents. En termes d'interactions paramétriques, pour la récupération du cuivre, la mixture et la dose de dispersant sont en interaction considérée comme faible. Tandis que le dosage de collecteur et la granulométrie sont en forte interaction étant donnée les écarts au parallélisme remarqués. L'interaction entre la dose de silicate et la dose de sulfurant peut-être considérée comme faible pour la récupération du cobalt.

**MOTS-CLEFS:** Flottation, méthode de Taguchi, Analyse de la variance, minerai oxydé cuprocobaltifère de Kimpe.

## 1 INTRODUCTION

Lorsque la teneur des minerais en minéraux utiles est faible, il est de fois indispensable, dans le traitement des minerais, de concentrer ces minéraux, et ce, pour des raisons à la fois techniques et économiques. Cette concentration est obtenue par l'utilisation de méthodes de séparation physique qui ne donnent lieu à aucune transformation chimique des minéraux contenus dans le minerai. La concentration est réalisée en tirant parti de différences de propriétés physiques ou physico-chimiques existant entre les différents minéraux composant les minerais [1].

Au Katanga, c'est la technique de flottation à la mousse qui est utilisée dans le traitement des minerais cuprocobaltifères. Cette technique met à profit les propriétés de surface des grains minéraux maintenus en suspension dans l'eau au moyen d'une agitation mécanique ou pneumatique. Pour obtenir la séparation, seuls les minéraux utiles sont rendus hydrophobes et aérophiles par changement de leurs propriétés de surface au moyen des réactifs spécifiques appelés collecteurs. Les concentrés sont recueillis sous forme de mousse, agrégat de bulles d'air et de grains de minéraux utiles [1], [2], [3], [4].

A la différence des minerais sulfurés qui possèdent une flottabilité naturelle et qui sont plus facilement traités par flottation, les oxydés flottent difficilement et leur flottation est moins performante que celle des sulfures. En effet, les oxydés sont moins hydrophobes que les sulfures. La flottation des oxydés est améliorée si on recourt à la sulfuration superficielle. Cette technique permet de recouvrir sélectivement la surface des minéraux utiles par un film de sulfure et d'utiliser alors les collecteurs des sulfures principalement les xanthates. L'agent sulfurant le plus utilisé est le sulfhydrate de sodium.

En exploitation industrielle, la flottation à la mousse est beaucoup influencée par les caractéristiques intrinsèques des minerais. L'un des principaux défis auxquels est confrontée la flottation est le fait que ces caractéristiques intrinsèques changent au fur et à mesure de l'exploitation d'un gisement. Cela nécessite chaque fois, d'une part, une nouvelle caractérisation du minerai et, d'autre part, une optimisation des paramètres de flottation afin de maintenir ou même améliorer les performances des concentrateurs [5]. Ainsi, un concentrateur, comme toute autre usine chimique, est en perpétuel développement de son procédé.

Les tests d'optimisation sont généralement réalisés au laboratoire avant d'appliquer les résultats au niveau industriel. Pour y arriver, on est souvent amené à réaliser plusieurs tests et plusieurs approches peuvent être appliquées pour établir une relation de cause à effet entre certains paramètres (appelés facteurs) qui sont supposés influencer le comportement du phénomène et d'autres (appelés réponses) qui caractérisent le résultat du phénomène [6].

Il y a d'abord l'approche univariable où l'on étudie chaque paramètre de manière individuelle. Cette méthode demande cependant beaucoup de ressources pour espérer une bonne quantité d'informations sur le phénomène. Lorsque plusieurs facteurs sont à considérer, la meilleure stratégie d'investigation est l'établissement d'un plan d'expérience, de sorte que des conclusions valides, fiables peuvent être établies de façon efficace et économique [7]. En conséquence, la méthode de Taguchi s'est vite avérée un moyen efficace quant à ce [8]. Il s'agit d'une technique bien acceptée qui a été largement utilisée pour la conception des produits et l'optimisation des procédés dans la fabrication et l'ingénierie à travers le monde [9], [10], [11], [12], [13], [14]. Elle fournit une méthodologie systématique et efficace simplifiée pour l'optimisation des procédés. Le plus grand avantage de cette méthode est l'économie d'effort dans la conduite d'expériences, le gain en temps, la réduction des coûts et l'énumération des facteurs importants.

Le concentrateur de la Société Iverland Mining Congo est confronté aux mêmes problèmes décrits ci-dessus. Il traite le minerai oxydé cuprocobaltifère de Kimpe se trouvant dans l'arc cuprifère du Grand Katanga en RD Congo. Ainsi, ce travail porte sur le comportement de ce minerai à la flottation par sulfuration superficielle à l'aide du sulfhydrate de sodium comme agent sulfurant et l'amylxanthate de potassium (PAX) comme collecteur, et ce, par l'analyse des paramètres les plus influents et de leurs interactions éventuelles selon l'approche de Taguchi couplée à l'analyse de la variance (ANOVA).

## 2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 2.1 ECHANTILLON DE MINERAI DE KIMPE

L'échantillon de minerai étudié provient de la mine à ciel ouvert de Kimpe où une quantité de 34 kg de minerai y a été prélevée par les Géologues de la Société Iverland Mining Congo pour réaliser l'ensemble des tests. La caractérisation chimique de cet échantillon a été effectuée pour les métaux contenus par la spectroscopie d'émission atomique à plasma à couplage inductif (ICP-AES) au laboratoire d'analyse minérale de l'Office Congolais de Contrôle (OCC). Elle a montré que l'échantillon est effectivement cuprocobaltifère et contient 1,97 % Cu et 0,66 % Co (Tableau 1). De plus, au regard de la partie oxydée soluble dans l'acide seul (Acide soluble) pour laquelle les proportions peuvent s'évaluer à 90 % Cu et 85 % Co, nous pouvons affirmer que cet échantillon est principalement sous forme oxydée.

L'analyse minéralogique, essentiellement qualitative, a été réalisée à l'aide du microscope binoculaire sur section polie au Laboratoire du Bureau d'Etudes Métallurgiques de la Gécamines (EMT). Les résultats ont montré que le cuivre et le cobalt sont principalement sous forme de malachite, azurite, cuprite et hétérogénite. Il y a aussi des traces de chalcosine ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ), bornite ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ) et carrollite ( $\text{CuCo}_2\text{S}_4$ ). La gangue est constituée quant à elle de quartz, dolomie et de la limonite.

**Tableau 1.** Composition chimique de l'échantillon du minerai de Kimpe (en %)

| Cu <sub>t</sub> | Cu <sub>As</sub> | Co <sub>t</sub> | Co <sub>As</sub> | Mn   | Al   | Fe   | MgO <sub>sol</sub> | CaO <sub>sol</sub> | SiO <sub>2</sub> |
|-----------------|------------------|-----------------|------------------|------|------|------|--------------------|--------------------|------------------|
| 1,97            | 1,8              | 0,66            | 0,56             | 0,22 | 0,64 | 0,21 | 0,39               | 0,056              | 39,5             |

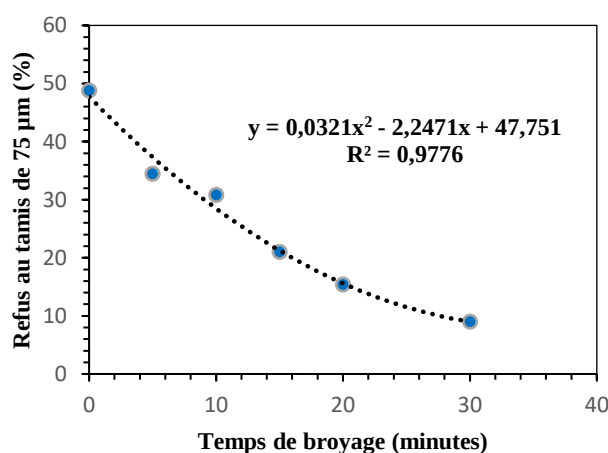
t: total; As: Acide Soluble; Sol: Soluble

### 2.2 OBTENTION DE LA DIMENSION COMPATIBLE À LA FLOTTATION

L'échantillon de minerai tel que reçu était constitué des particules grossières avec 40 et 60 % de refus respectivement au tamis de 2000  $\mu\text{m}$  et de 75  $\mu\text{m}$ . L'analyse des particules supérieures à 2000 indiquent qu'elles contiennent environ 40 % de Cu et Co. Ce qui montre qu'il y a une grande quantité de Cu et Co qui se trouve sous forme de gros grains. La flottation ne pouvant se réaliser avec de gros grains, l'échantillon a été réduit en deux étapes.

La première étape a consisté à réduire l'échantillon à des dimensions inférieures à 2000  $\mu\text{m}$  par concassage dans un petit concasseur de laboratoire. La seconde étape a consisté à réduire les dimensions par broyage humide dans un petit broyeur de laboratoire en prenant chaque fois 500 g de minerai sous forme de pulpe de 30 % de densité solide et une charge de 7 kg des boulets. Pour cette deuxième étape, nous avons broyé à différents temps tout en déterminant les refus sur le tamis de 75  $\mu\text{m}$  afin de tracer la courbe donnant la corrélation entre la granulométrie et le temps de broyage (Figure 1).

Sur base de l'équation de cette courbe, nous avons déterminé les temps nécessaires (Tableau 2) pour avoir respectivement 15, 20, 25 et 30 % de refus sur le tamis de 75  $\mu\text{m}$ . Sur le tableau 2, nous donnons également les proportions de Cu et Co dans lesdits refus. Ces proportions diminuent plus la granulométrie devient fine. Ce qui est logique.



**Fig. 1.** Courbe de broyabilité de l'échantillon prétraité

Tableau 2. Résultats de broyage à différents temps

| Temps de broyage<br>(en minutes) | Refus sur 75 $\mu\text{m}$<br>(en %) | Proportion Cu<br>(en %) | Proportion Co<br>(en %) |
|----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 9,1                              | 30                                   | 26,3                    | 37,2                    |
| 12,3                             | 25                                   | 20,5                    | 30,5                    |
| 16,0                             | 20                                   | 15,3                    | 20,9                    |
| 20,7                             | 15                                   | 9,3                     | 14,4                    |

### 2.3 TESTS DE LA FLOTTATION À LA MOUSSE

Les tests de flottation ont été réalisés dans des cellules de 1,5 L de capacité sur une machine de laboratoire de marque Denver. Tous les tests ont été limités à un simple ébauchage et au pH naturel de la pulpe. Le temps de flottation était maintenu à 12 minutes, en référence aux recommandations de Bouchard [15] qui stipulent que pour un minerai de cuivre dont on dispose peu ou pas de données de flottation, le temps approximatif de l'ébauchage varie autour de 13 minutes. L'ajout des réactifs et la récupération des fractions flottées ont été réalisés selon la figure 2.

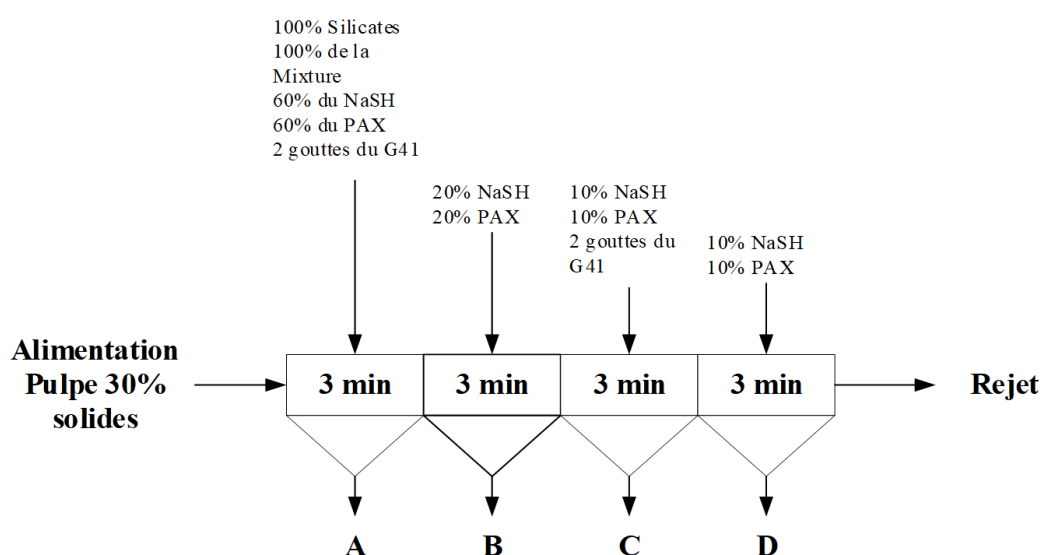


Fig. 2. Schéma de la procédure expérimentale des tests de flottation

Les paramètres étudiés sont (Tableau 3): la dose de collecteur (PAX), la dose de la mixture, la dose de sulfurant (NaHS), la dose de dispersant ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) et la granulométrie de l'alimentation. Ces paramètres sont considérés comme les plus influents et leurs niveaux ont été choisis sur base des tests antérieurs sur les minerais cuprocobaltifères [16], [3], [17]. Il s'agit d'une matrice orthogonale  $L_{16} (4^5)$ .

Tableau 3. Paramètres étudiés et niveaux soumis à l'essai

| Codes | Réactifs                        | Niveaux |      |      |      |
|-------|---------------------------------|---------|------|------|------|
|       |                                 | 1       | 2    | 3    | 4    |
| A     | PAX (g/t)                       | 200     | 300  | 400  | 500  |
| B     | Mixture (g/t)                   | 100     | 150  | 200  | 250  |
| C     | NaHS (g/t)                      | 2000    | 3000 | 4000 | 5000 |
| D     | $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ (g/t) | 100     | 200  | 300  | 400  |
| E     | %+75 $\mu\text{m}$              | 30      | 25   | 20   | 15   |

Les calculs relatifs au plan de Taguchi ont été réalisés à l'aide du logiciel de statistique Minitab 18.0 de Minitab Inc.

La méthode de Taguchi prend en compte la dispersion des résultats en intégrant à l'analyse une information supplémentaire comme caractéristique de performance: le ratio signal/bruit (S/B). Le terme signal représente la valeur désirée du résultat (moyenne) alors que le terme bruit représente les valeurs non désirées du résultat ou la dispersion du résultat autour de la moyenne [5].

Le plus grand ratio S/B correspond à la meilleure performance. Par conséquent, le niveau optimum d'un paramètre est celui qui a le plus grand ratio S/B. Dans notre cas de maximiser la grandeur d'intérêt ou réponse (la récupération du cuivre et la récupération du cobalt), sur les trois caractéristiques de performance dans l'analyse du ratio S/B généralement données dans la littérature [18], celle qui convient est « le maximum est le meilleur »:

$$\theta = S/B = -10 \log \left( \frac{1}{n} \sum \frac{1}{Y_i^2} \right) \quad (1)$$

Où S/B est la caractéristique de performance exprimée en décibel (dB), n le nombre de répétition de la performance pour la combinaison expérimentale et  $Y_i$  la valeur de la performance de  $i^{\text{ème}}$  expérience.

Dans la méthode de Taguchi, l'expérience (ou l'essai) correspondant aux conditions optimales trouvées peut ou ne pas être faite durant la phase d'expérimentation, la valeur de la performance de l'expérience peut être prédite par l'utilisation de la fonction de prédiction représentée par la relation (2):

$$Y_{opt} = \frac{T}{n} + \left( A_i - \frac{T}{n} \right) + \left( B_j - \frac{T}{n} \right) + \dots \quad (2)$$

Où n est le nombre total d'essais, T la somme de toutes les réponses et  $A_i, B_j, \dots$  la moyenne des réponses du niveau i, j, ...

Dans la philosophie de Taguchi, l'influence des paramètres sur la flottabilité du minerai est analysable au moyen de la valeur de ( $\Delta$ ) qui permet d'évaluer la taille ou l'étendue de l'effet d'un facteur sur la réponse (récupération). Elle est calculée par la différence entre le maximum et le minimum des valeurs moyennes marginales d'un facteur, la grande différence équivaut à plus d'effet sur la flottabilité du cuivre et du cobalt. C'est une notion purement statistique utilisée en ingénierie [9], [10], [19], [20].

L'interaction entre paramètres contrôlés est visualisée par les droites d'ajustement. Ces droites doivent être parallèles entre elles pour justifier l'absence d'interaction [21] et, dans ce cas d'espèce, l'absence d'interaction sous-entend une dépendance linéaire entre paramètres contrôlés. En d'autres termes, le passage d'un niveau à l'autre d'un paramètre donné imprime une certaine variation de la métrique fonctionnelle signal-bruit, s'il n'y a pas d'interaction entre deux ou plusieurs paramètres et la même variation de la métrique fonctionnelle sera enregistrée lors du passage d'un niveau à un autre d'un autre paramètre [10].

L'approche de Taguchi est souvent couplée à l'Analyse de la Variance (ANOVA). Le but de la théorie de l'ANOVA est d'étudier la variabilité d'un produit en fonction d'un ensemble de facteurs de production dont on peut contrôler systématiquement les modes d'intervention et dont on souhaite dissocier la part revenant à chaque facteur [22].

L'ANOVA est basée sur un test statistique appelé F-test, du nom de Ronald Aylmer Fisher, initiateur de la méthode. Ce test permet de déterminer la significativité des différents paramètres d'un procédé sur la réponse du système à partir des différents éléments notamment: la somme des carrés des écarts des facteurs (SCEp), la somme des carrés des résidus (SCEr), les degrés de liberté des paramètres, des résidus et les estimateurs de variances ou les carrés moyens [23]. Le taux de contribution de chaque paramètre peut être estimé et cela permet de spécifier les plus influents des paramètres [5].

### 3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les résultats sont donnés dans le tableau 4. Ils montrent globalement que le Cu et le Co présentent un comportement similaire par le fait que les fortes (faibles) récupérations du Cu corrélaient bien avec les fortes (faibles) récupérations du Co. Les fortes récupérations de 84,67 % Cu et 86,2 % Co ont été obtenues au test 3 alors que les faibles récupérations de 63,33 % Cu et 67,45 % Co ont été obtenues au test 15.

Tableau 4. Matrice d'expérimentation et Rendements de récupération des métaux Cu et Co

| N° de l'Essai | Paramètres et leurs niveaux |               |            |                                        |      | Rendement de Récupérations ou Réponses |       |
|---------------|-----------------------------|---------------|------------|----------------------------------------|------|----------------------------------------|-------|
|               | PAX (g/t)                   | Mixture (g/t) | NaHS (g/t) | Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> (g/t) | %+75 | Cu                                     | Co    |
| 1             | 200                         | 100           | 2000       | 100                                    | 30   | 73,80                                  | 72,13 |
| 2             | 200                         | 150           | 3000       | 200                                    | 25   | 74,52                                  | 70,44 |
| 3             | 200                         | 200           | 4000       | 300                                    | 20   | 84,67                                  | 86,20 |
| 4             | 200                         | 250           | 5000       | 400                                    | 15   | 77,04                                  | 74,80 |
| 5             | 300                         | 100           | 3000       | 300                                    | 15   | 76,66                                  | 75,64 |
| 6             | 300                         | 150           | 2000       | 400                                    | 20   | 82,52                                  | 78,66 |
| 7             | 300                         | 200           | 5000       | 100                                    | 25   | 80,98                                  | 77,03 |
| 8             | 300                         | 250           | 4000       | 200                                    | 30   | 82,14                                  | 80,44 |
| 9             | 400                         | 100           | 4000       | 400                                    | 25   | 82,12                                  | 81,36 |
| 10            | 400                         | 150           | 5000       | 300                                    | 30   | 77,26                                  | 75,54 |
| 11            | 400                         | 200           | 2000       | 200                                    | 15   | 82,80                                  | 81,82 |
| 12            | 400                         | 250           | 3000       | 100                                    | 20   | 73,16                                  | 74,84 |
| 13            | 500                         | 100           | 5000       | 200                                    | 20   | 70,98                                  | 73,60 |
| 14            | 500                         | 150           | 4000       | 100                                    | 15   | 72,89                                  | 80,11 |
| 15            | 500                         | 200           | 3000       | 400                                    | 30   | 63,33                                  | 67,45 |
| 16            | 500                         | 250           | 2000       | 300                                    | 25   | 69,03                                  | 71,09 |

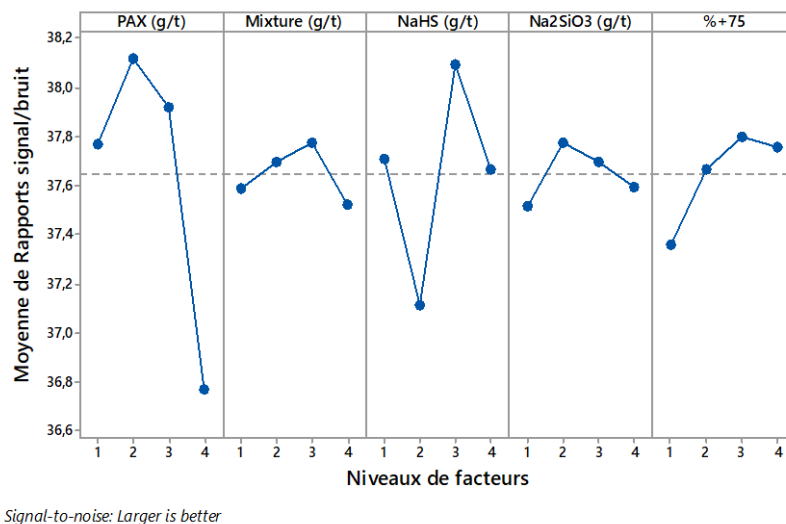
### 3.1 ANALYSE DU RATIO SIGNAL-BRUIT (S/B)

Les valeurs moyennes (et Figures 3 et 4) des rapports S/B associés aux différents niveaux de variation d'un paramètre ont été calculées à partir de la relation (2). Les lettres représentent les paramètres tandis que les indices représentent les niveaux. La combinaison des paramètres offrant la récupération optimale du cuivre est A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub>D<sub>2</sub>E<sub>3</sub> correspondant aux doses de 300 g/t PAX (A), 200 g/t mixture (B), 4000 g/t NaHS (C), 200 g/t Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> (D) et une granulométrie de 20 % de refus au tamis de 75 µm (E). La paramétrisation robuste qui donne un optimum de récupération du cobalt dans le concentré est A<sub>3</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub>D<sub>3</sub>E<sub>3</sub> correspondant aux doses de 400 g/t PAX, 200 g/t mixture, 4000 g/t NaHS, 300 g/t Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> et une granulométrie de 20 % de refus au tamis de 75 µm (d<sub>80</sub>=75 µm). La paramétrisation optimale du cuivre est similaire à celle du cobalt sauf pour la dose de PAX et Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>. Les valeurs calculées des tailles (Δ) liées à la récupération du cuivre et du cobalt montrent que les paramètres les plus significatifs sont la dose de PAX et celle de NaHS.

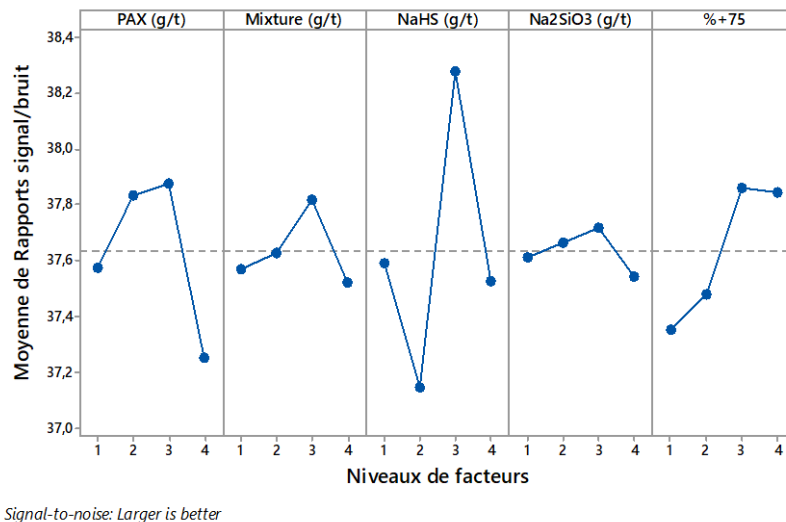
Tableau 5. Niveaux optimaux des paramètres de la flottation du Cu et du Co

| Critères |                                                   | Paramètres              |                         |                          |                                        |                      |
|----------|---------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------------------|----------------------|
|          |                                                   | PAX (g/t)               | Mixture (g/t)           | NaHS (g/t)               | Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> (g/t) | %+75                 |
| Cu       | Ratio S/B attendu sous conditions optimales       | A <sub>3</sub> =400 g/t | B <sub>3</sub> =200 g/t | C <sub>3</sub> =4000 g/t | D <sub>3</sub> =300 g/t                | E <sub>3</sub> =20%  |
|          | Influence des paramètres (Δ)                      | 0,62                    | 0,29                    | 1,13                     | 0,26                                   | 0,51                 |
|          | Interaction entre Paramètres, Ajustement linéaire | 37,86-0,0915y           | 37,62+0,007y            | 37,4+0,0935              | 37,67-0,013y                           | 37,17+0,1855y        |
| Co       | Ratio S/B attendu sous conditions optimales       | A <sub>2</sub> =300 g/t | B <sub>3</sub> =200 g/t | C <sub>3</sub> =4000 g/t | D <sub>2</sub> =200 g/t                | E <sub>3</sub> =20 % |
|          | Influence des paramètres (Δ)                      | 1,35                    | 0,26                    | 0,98                     | 0,26                                   | 0,44                 |
|          | Interaction entre Paramètres, Ajustement linéaire | 38,45-0,3202y           | 37,68-0,0123y           | 37,43+0,0871y            | 37,61+0,0156y                          | 37,32+0,1325y        |



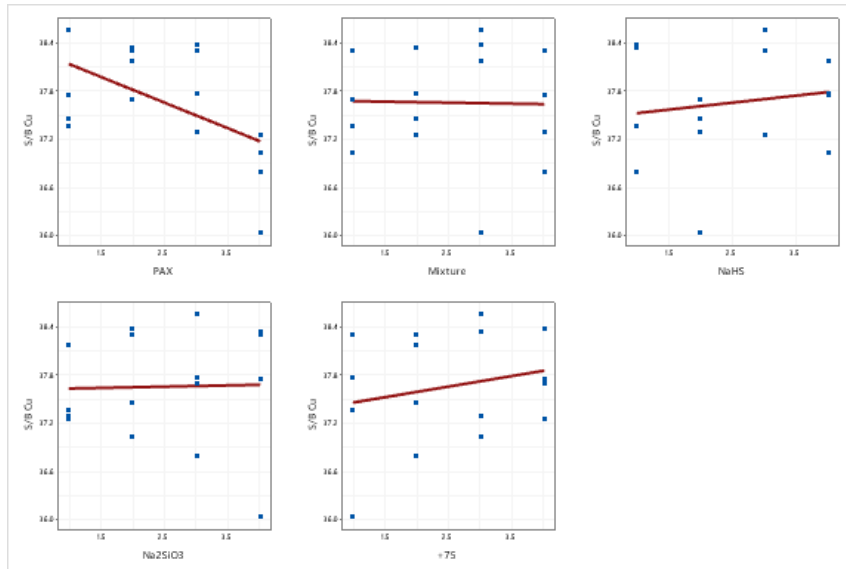


**Fig. 3.** Effets principaux de facteurs contrôlables sur la performance statistique S/B pour la récupération du cuivre

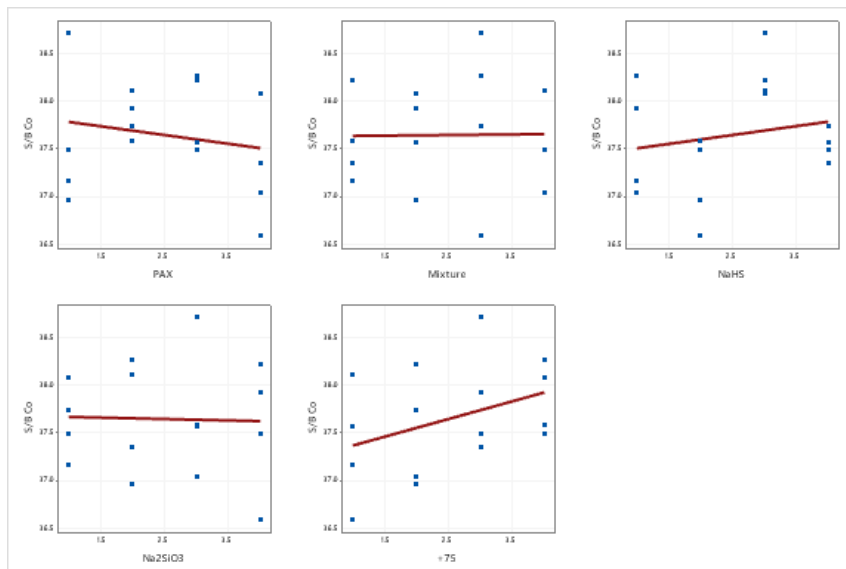


**Fig. 4.** Effets principaux de facteurs contrôlables sur la performance statistique S/B pour la récupération du cobalt

L'observation des droites d'ajustement linéaire données aux Figures 5 et 6 montre quels paramètres sont en interaction. Compte tenu des écarts au parallélisme en accord avec Bernard [21], la dose de la mixture et celle du dispersant sont en faible interaction tandis que la dose collecteur et la granulométrie sont en forte interaction, et ce, pour le Cu et le Co.



**Fig. 5. Interactions des paramètres contrôlés sur la récupération du cuivre**



**Fig. 6. Interactions des paramètres contrôlés sur la récupération du cobalt**

La prise en compte des interactions dans les méthodes des plans d'expériences, plus spécifiquement dans un plan d'expériences orthogonal, n'est pas suffisante pour justifier le comportement du minerai à la flottation. En effet, la limitation ou l'insuffisance de cette méthode est qu'elle ne permet pas d'affirmer ou non si cette interaction est de nature à affecter les rendements de récupération obtenus. Seule la méthode de l'analyse de la variance pourra donner ces informations [10].

### 3.2 RÉSULTATS DE L'ANALYSE DE VARIANCE

Le terme de comparaison utilisé pour déterminer la significativité d'un facteur est la variance résiduelle. En effet, le seuil de signification (ou risque de première espèce) de 5 % est utilisé dans tous les tests d'homogénéité.

Le degré de liberté de la variation résiduelle vaut zéro, ceci rend difficile l'analyse de la signification de tous les facteurs simultanément. De ce fait, les paramètres manifestant une influence faible sur le pourcentage de variabilité expliquée par le modèle ( $R^2$  proche de zéro) ont été groupés et assimilés au résidu (à l'erreur). Il s'agit de la dose de la mixture et de la dose de silicate pour le rendement de récupération du cuivre et de la dose de silicate seule pour la récupération du cobalt (Tableaux 6 et 7).

Tableau 6. Analyse de la variance du rendement de récupération du cuivre

| Sources                                | Degré de Liberté | Somme des carrés | Carré Moyen    | F     | p-valeur | Somme pure | Contribution (%) |
|----------------------------------------|------------------|------------------|----------------|-------|----------|------------|------------------|
| PAX (g/t)                              | 3                | 313,85           | 104,618        | 22,37 | 0,001    | 299,819    | 57,42            |
| Mixture (g/t)                          | 3                | 15,55            | 5,184          | -     | -        |            |                  |
| NaHS (g/t)                             | 3                | 147,74           | 49,246         | 10,53 | 0,008    | 133,709    | 25,61            |
| Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> (g/t) | 3                | 12,51            | 4,17           | -     | -        |            |                  |
| %R+75                                  | 3                | 32,5             | 10,833         | 2,32  | 0,175    | 18,469     | 3,54             |
| Erreur                                 | 0                | 0                |                |       |          |            |                  |
| <b>Erreur groupée</b>                  | <b>(6)</b>       | <b>(28,06)</b>   | <b>(4,677)</b> |       |          |            | <b>(13,44)</b>   |
| Total                                  | 15               | 522,16           |                |       |          |            | 100              |

$F(3,6)_{\alpha=0,95}=9,277$

Tableau 7. Analyse de la variance du rendement de la récupération du cobalt

| Sources                                | Degré de liberté | Somme des Carrés | Carré Moyen   | F     | p-valeur | Somme pure | Contribution (%) |
|----------------------------------------|------------------|------------------|---------------|-------|----------|------------|------------------|
| PAX (g/t)                              | 3                | 70,85            | 23,62         | 13,09 | 0,031    | 65,43      | 18,09            |
| Mixture (g/t)                          | 3                | 18,95            | 6,32          | 3,5   | 0,165    | 13,54      | 3,74             |
| NaHS (g/t)                             | 3                | 207,06           | 69,02         | 38,26 | 0,007    | 201,65     | 55,75            |
| Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> (g/t) | 3                | 5,41             | 1,80          | -     | -        |            |                  |
| %R+75                                  | 3                | 59,45            | 19,82         | 10,99 | 0,04     | 54,04      | 14,94            |
| Erreur                                 | 0                | 0                |               |       |          |            |                  |
| <b>Erreur groupée</b>                  | <b>(3)</b>       | <b>(5,41)</b>    | <b>(1,80)</b> |       |          |            | <b>(7,48)</b>    |
| Total                                  | 15               | 361,71           |               |       |          |            | 100              |

$F(3,3)_{\alpha=0,95}=4,757$

L'analyse de la variance de la flottation du cuivre montre que la statistique ( $F=9,277$ ) calculée, est, pour la dose de PAX ( $F=22,37$ ) et la dose de NaHS ( $F=10,833$ ), supérieure au F critique lue dans les tables de Fisher-Snedecor à un niveau de confiance  $\alpha=0,95$  (Tableau 6). Ces deux paramètres sont donc statistiquement significatifs sur la récupération du cuivre dans le concentré. En effet, par ordre d'importance, les probabilités critique ou p-valeur respectivement de 0,001 et 0,008 pour la dose de PAX et la dose de NaHS permettent de juger la dose de PAX comme paramètre le plus significatif, parce qu'ayant la plus petite probabilité critique. En termes de degré de contribution sur la variabilité des résultats, la dose de PAX contribue à 57,42 %, la dose de NaHS à 25,61 % et la granulométrie à 3,54 % sur la récupération du cuivre.

Pour la récupération du cobalt, trois facteurs sont statistiquement significatifs (Tableau 7). Il s'agit de la dose de PAX ( $F=13,09$ ), la dose de NaHS ( $F=38,26$ ) et la granulométrie ( $F=10,99$ ) car leurs statistiques F excèdent la valeur des tables au seuil  $\alpha=0,95$  ( $F=4,757$ ). Les p-valeurs dans les trois cas valent respectivement 0,031; 0,007 et 0,04; valeurs inférieures au seuil critique de rejet (0,05) d'un paramètre. Les paramètres les plus influents sont par ordre décroissant: doses de NaHS, dose de PAX et la granulométrie. Les contributions des paramètres sur la récupération du cobalt sont: 55,75 %; 18,09 %; 14,94 % et 3,74 % respectivement pour la dose de NaHS, la dose de PAX, la granulométrie et la dose de la mixture.

Ces résultats confirment l'importance des effets ressortis par le ( $\Delta$ ), caractéristique de l'influence des facteurs dans la méthode de Taguchi. Pour la récupération du cuivre, les paramètres influant selon la méthode de Taguchi et statistiquement significatif au sens de l'analyse de la variance sont donc la dose de PAX et celle de NaHS. Tandis que dans le cas de la récupération du cobalt, nous avons trois paramètres à considérer: la dose de PAX, la dose de NaHS et la granulométrie de l'alimentation.

Le modèle prédictif (équation 2 et Tableau 8) appliqué dans les conditions optimales de la flottation du cuivre ( $A_2B_3C_3D_2E_3$ ) donne un rendement de récupération de 88,44 % avec un ratio signal-bruit de 38,98 dB. Pour le cobalt, la paramétrisation optimale étant:  $A_3B_3C_3D_3E_2$ , le modèle prédictif donne un rendement de récupération de 88,70 % et le ratio signal-bruit de 39,01 %.

Tableau 8. Performances optimales prédites

| Données                | Modèle prédictif  |                   |
|------------------------|-------------------|-------------------|
|                        | Cu                | Co                |
| Conditions optimales   | $A_2B_3C_3D_2E_2$ | $A_3B_3C_3D_3E_2$ |
| Rdt de récupération Cu | 88,44             | 86,00             |
| S/B associé pour le Cu | 38,98             | 39,01             |
| Rdt de récupération Co | 84,90             | 88,70             |
| S/B associé pour le Cu | 38,59             | 38,70             |

Dans les conditions optimales de flottation du cobalt, le modèle prédictif donne un rendement de récupération de 84,90 % Cu (S/B=38,59 dB), la différence notée avec son optimum dans la paramétrisation optimale du cuivre est d'environ 2,75 %. D'autre part, la paramétrisation optimale du cobalt donne un rendement de récupération de 86,00 % (S/B=38,70) dans le modèle prédictif du cuivre. Ce qui équivaut à une différence de 4,28 % du rendement dans les conditions optimales de récupération du cobalt.

#### 4 CONCLUSION

Des tests de laboratoire ont été menés pour étudier le comportement du minerai oxydé cuprocobaltifère de Kimpe (1,97 % Cu; 0,66 % Co) par analyse des paramètres les plus influents et leurs interactions éventuelles à la flottation par sulfuration superficielle. La méthode de Taguchi a été utilisée pour l'évaluation statistique des résultats de la flottation d'un échantillon du minerai de la mine de Kimpe conjointement avec l'analyse de la variance.

Les niveaux optimaux des paramètres sont de 300 g/t PAX, 200 g/t mixture, 4000 g/t NaHS, 200 g/t  $Na_2SiO_3$  et un  $d_{80}$  de 75  $\mu m$  pour la flottation du cuivre et de 400 g/t KAX, 200 g/t mixture, 4000 g/t NaHS, 300 g/t  $Na_2SiO_3$  et un  $d_{80}$  de 75  $\mu m$  pour la flottation du cobalt. Ce modèle prédictif de l'analyse de Taguchi prévoit 88,44 % Cu et 84,90 % Co aux niveaux optimaux de la récupération du cuivre et 88,70 % Co et 86,00 % Cu dans les conditions optimales de récupération du cobalt. Ceci implique un compromis à prendre selon qu'il faille privilégier la récupération du cuivre ou celle du cobalt.

La dose de PAX et celle de NaHS sont les deux paramètres influents selon la méthode de Taguchi et statistiquement significatifs au sens de l'analyse de la variance avec 57,42 % et 25,61 % de contribution sur la variabilité totale autour de la moyenne dans la flottation du cuivre. Pour le cobalt, la dose de PAX, la dose de NaHS et la granulométrie de l'alimentation sont les paramètres influents selon la méthode de Taguchi et statistiquement significatif au sens de l'analyse de la variance avec respectivement 18,09 %, 55,75 % et 14,94 % de contribution sur la variabilité totale autour de la moyenne dans la flottation du cobalt. La contribution de la mixture (3,74) a été jugée statistiquement non significative suivant l'ANOVA.

La dose de PAX et la granulométrie sont en forte interaction étant donnée les écarts au parallélisme à la fois pour la récupération du cuivre et celle du cobalt. L'interaction faible a été identifiée pour la dose de mixture et celle de  $Na_2SiO_3$  sur la récupération du cuivre. Par contre, la dose de  $Na_2SiO_3$  et celle de NaHS sont en interaction faible pour la récupération du cobalt.

#### REMERCIEMENTS

Nous remercions les responsables de la Société Iverland Mining Congo pour leur collaboration dans l'élaboration de ce travail.

## REFERENCES

- [1] Zeka, L., 2015. Lixiviation du cobalt trivalent de l'hétérogénite d'un minerai oxydé cuprocobaltifère du Katanga par le fer ferreux provenant de l'oxydation chimique et bactérienne de la pyrite-arsénopyrite. Thèse de doctorat. Université de Lubumbashi. 310p.
- [2] Kanda, J.-M., 2013. Etude de la flottabilité de la malachite à l'aide de l'amylxanthate de potassium et des acides gras. Cas d'étude: Flottation du minerai oxydé de Kamfundwa au Katanga en RD Congo. Thèse de doctorat. Université de Liège. 200p.
- [3] Shengo, L.M., 2013. Etude du recyclage de l'eau résiduaire dans la flottation des minerais oxydés du gisement de Luiswishi. Thèse de doctorat. Université de Liège. 187p.
- [4] Kitobo, W., 2009. Dépollution et valorisation des rejets miniers sulfurés du Katanga. Cas des tailings de l'Ancien Concentrateur de Kipushi. Thèse de doctorat. Université de Liège. 254p.
- [5] Masiya, T., Nheta, W., 2014. Flotation of Nickel-Copper Sulphide Ore: Optimisation of Process Parameters Using Taguchi Method. Proceedings of the International Conference on Mining, Material and Metallurgical Engineering, Prague, Paper No 11.
- [6] Perrin, R., Scharff, J.P., 1993. Chimie Industrielle. 2ème édition, Paris Masson, 1143p. ISBN 2-225-84037-7.
- [7] Goupy, J., Creighon, L., 2006. Introduction aux plans d'expérience, 3ème édition, Dunod, Paris, 324p. ISBN 2-10049-744-8.
- [8] Ilyas S., Bhatti H.N., Bhatti I.A., Sheikh M.A., Ghauri M.A., 2010. Bioleaching of metal ions from low grade sulphide ore: Process optimization by using orthogonal experimental array design. African Journal of Biotechnology, 9, 2801-2810.
- [9] Mbuya, B.I., Tshimombo, A.M., 2017. Evaluation statistique et étude de la lixiviation du rejet de flottation d'un minerai cuprocobaltifère: Apports de la méthode de Taguchi et Analyse de la variance. Congo science, 5, 1-11.
- [10] Nkulu, N., 2012. Biolixiviation de la carrollite-Application aux minerais polymétalliques de l'Arc Cuprifère du Katanga. Cas de minerais de la mine de Kamoya, Kambove en RDC. Thèse de doctorat. Université de Liège, 222p.
- [11] Rao, S.R., Padmanabhan, G., Kumar, K.C., 2012. Multiresponse Optimization of Electrochemical Machining of Al-B4C Composites Using Grey Relational Analysis (October 15, 2012). The IUP Journal of Mechanical Engineering, 5, 58-67.
- [12] Sapkal, S.V., Telsang, M., 2012. Parametric optimization of MIG welding using Taguchi design method. International Journal of Advanced Engineering Research and Studies.1.
- [13] Gopalsamy, B., Mondal, B., Ghosh, S., 2009. Taguchi method and ANOVA: An Approach for process parameters optimisation of Hard Machining while machining hardened steel. Journal of scientific and industrial research, 68, 686-695.
- [14] Kamaruddin, M., Kroetsch, T., Basrur, P.K., Hansen, P.J., and King, W. A., 2004. Immunolocalization of heat shock protein 70 in bovine spermatozoa. Andrologia, 36, 327-334. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0272.2004.00629.x>.
- [15] Bouchard, S., 2001. Traitement du minerai: flottation. Méthodes physiques. Edition le griffon d'argile, Québec, 373 p. ISBN 2-89443-156-2.
- [16] Kime, M.B., Kashona, J., Mwamba, J., 2015. Laboratory evaluation of the flotation response of a copper cobalt Oxide ore to gasoil-rinkaloro mixtures. International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering, 9, 252-258.
- [17] Kongolo, K., Kipoka, M., Minanga, K., Mpoyo, M., 2003. Improving the efficiency of copper-cobalt ores flotation by combination of sulphidisers. Minerals engineering, 16, 1023-1026.
- [18] Kivak, T., 2014. Optimization of surface roughness and flank wear using the Taguchi method in milling of Hadfield steel with PVD and CVD coated inserts. Measurement, 50, 19-28.
- [19] Demirci, M.T., Samanci A., Tarakçioğlu N., Asiltürk I., 2011. Optimisation of fatigue life parameters with Taguchi method. 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), Elazığ, Turkey, pp. 453- 456.
- [20] Hvalec, M., Goršek, A., Glavič, P., 2004. Experimental design of crystallization processes using Taguchi method. Acta Chimica Slovenica, 51, 245-256 [21]. Bernard, C., 2005. Modèle d'analyse de variance avec Statistica. Génistat conseils Inc, 124p.
- [21] Veyseyre, R., 2006. Aide-mémoire Statistique et probabilités pour l'ingénieur, 2ème édition. Dunod, Paris, 489p. ISBN 2-10049-994-7.
- [22] Niedoba, T., Pięta, P., 2016. Applications of ANOVA in mineral processing. Mining Science, 23. 43-54. <https://doi.org/10.5277/msc162304>.

## Etude des taux élevés des césariennes associés aux déficits des diagnostics et aux décès maternels dans la division provinciale de santé de Lomami (RD Congo)

### [ Study of the high rates of caesarean sections associated with diagnostic deficits and maternal deaths in the provincial health division of Lomami (DRC) ]

*N.B. Mukuna<sup>1</sup>, N.N. Kabyahura<sup>1</sup>, Y.C. Kyungu<sup>2</sup>, L.E. Lubangi<sup>3</sup>, and M.A. Kiomba<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Département des Sciences infirmières, Unité de santé de la reproduction et épidémiologie, Université Pédagogique Nationale UPN, RD Congo

<sup>2</sup>Département de Santé Publique, Université de Kabinda UNIKAB, RD Congo

<sup>3</sup>Section des Sciences infirmières, Institut Supérieur des Techniques Médicales ISTM Lubao, RD Congo

<sup>4</sup>Chercheur indépendant en Santé Publique et Epidémiologie, RD Congo

---

Copyright © 2020 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 cross-sectional survey was carried out in four health zones in the provincial division of Lomami in the Democratic Republic of Congo, to study the high rates of caesarean sections associated with diagnostic deficits and maternal deaths. The overall cesarean rate was 21.8%. The deficits of the diagnoses according to the four components are presented as follows: the sensitivity of the diagnoses varied between 0.54-0.71; the specificity of the diagnoses was between 0.85-0.90; positive predictive values 0.45-0.52 and negative predictive values 0.89-0.94. The maternal mortality ratio was 1073 p.100.000. The results of this study justify the need to strengthen strategies to improve maternal health by reducing cesarean section rates, diagnostic deficits and maternal mortality rates.

**KEYWORDS:** cesarean sections, diagnostic deficits, maternal deaths.

**RESUME:** Une enquête transversale a été réalisée dans quatre zones de santé de la division provinciale de Lomami en République Démocratique du Congo, pour étudier les taux élevés de césariennes associés aux déficits des diagnostics et aux décès maternels. Le taux global de césarienne était de 21,8 %. Les déficits des diagnostics conformément aux quatre composantes se présentent de la manière suivante: la sensibilité des diagnostics variée entre 0,54-0,71; la spécificité des diagnostics était comprise entre 0,85-0,90; les valeurs prédictives positives 0,45-0,52 et les valeurs prédictives négatives 0,89-0,94. Le ratio de mortalité maternelle était de 1073 p.100.000. Les résultats de cette étude justifient une nécessité de renforcer les stratégies afin d'améliorer la santé maternelle par la réduction des taux de césariennes, des déficits des diagnostics et des taux de mortalité maternelle.

**MOTS-CLEFS:** césariennes, déficits de diagnostics, décès maternels.

## **1 INTRODUCTION**

Depuis près de 35 ans, la communauté internationale de la santé considère que le taux de césarienne idéal se situe entre 10 % et 15 %. Ce seuil avait été retenu par un groupe d'experts en santé génésique à l'occasion d'une réunion organisée par l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) en 1985 à Fortaleza, Brésil, qui avait déclaré: « il n'y a manifestement aucune justification pour que dans telle ou telle région géographique, plus de 10-15 % des accouchements soient pratiqués par césarienne » (1). Le groupe d'experts était parvenu à cette conclusion en se fondant sur l'examen des données limitées disponibles à l'époque, provenant principalement de pays d'Europe du Nord qui enregistraient de bons résultats maternels et périnataux avec ce taux de césarienne.

Depuis cette époque, l'accouchement par césarienne est de plus en plus fréquemment réalisé aussi bien dans les pays développés que dans les pays en développement et ce, pour de multiples indications maternelles et fœtales, absolues et parfois non absolues (2,3,4). Lorsque l'indication est absolue, la césarienne peut prévenir efficacement le décès maternel (4).

Généralement l'accouchement par césarienne n'a pas d'effet bénéfique chez la femme ou le nourrisson lorsqu'elle n'est pas nécessaire. Comme toute intervention obstétricale majeure, la césarienne est associée à des risques à court et à long termes pouvant perdurer plusieurs années après l'accouchement et affecter la santé de la femme et de son enfant ainsi que les grossesses ultérieures. Ces risques sont accrus lorsque l'accès aux soins obstétricaux complémentaires est limité (5).

Le taux de césariennes au sein d'une population permet de mesurer la qualité de soins obstétricaux complémentaires, le niveau d'accès et de recours aux interventions majeures. Il peut servir d'indicateur pour les décideurs politiques et les gouvernements afin d'évaluer les progrès réalisés en santé maternelle et infantile et l'utilisation des ressources (6).

Etant donné que les informations relatives aux bénéfices et risques associés à la césarienne sont devenues plus nombreuses et que les soins obstétricaux cliniques et les méthodologies utilisées pour les évaluer et formuler des recommandations connaissent des avancées significatives, les, scientifiques, épidémiologistes voudraient à ce que le taux recommandé en 1985 soit reconsidéré (7,8). Certes, le taux de césarienne adéquat au sein d'une population (à savoir le taux minimum de césariennes justifiées par une indication absolue tout en évitant les interventions chirurgicales non absolues sur le plan médical) est toutefois une tâche ardue.

Dans la perspective de répondre à cette préoccupation, en 2014, l'OMS a réalisé une revue systématique des études écologiques disponibles dans la littérature scientifique, avec pour objectif d'identifier, d'évaluer de façon critique et de synthétiser les résultats de ces études qui analysent l'association entre les taux de césarienne et les issues maternelles, périnatales et infantiles (1,9). Parallèlement, elle a conduit une étude écologique mondiale visant à évaluer l'association entre la césarienne et la mortalité néonatale et maternelle, en se fondant sur les dernières données disponibles (1,10). Les résultats ainsi obtenus ont été examinés par un groupe d'experts internationaux lors d'une consultation organisée par l'OMS à Genève, Suisse, les 8 et 9 octobre 2014. Cinq critiques ont été formulés par le groupe d'experts à la fin de ces deux études:

1. La césarienne est efficace pour sauver la vie de mères et de nouveau-nés, mais uniquement lorsqu'elle est justifiée par une indication absolue. Cette première observation va de pair avec le deuxième aspect de cette étude sur la validité de diagnostic médical.
2. Au niveau de la population, les taux de césarienne supérieurs à 10 % ne sont pas associés à une réduction des taux de mortalité maternelle et néonatale. La deuxième observation corrobore au taux élevé de mortalité maternelle constaté en milieu rural particulièrement dans la province sanitaire de Lomami (11).
3. Les césariennes peuvent causer des complications majeures et parfois permanentes, des incapacités ou des décès, notamment dans les lieux ne disposant pas d'infrastructures et/ou capacités nécessaires pour garantir la sécurité chirurgicale et traiter les complications chirurgicales. Dans l'idéal, la césarienne ne devrait être pratiquée qu'en cas de nécessité médicale. La troisième observation soutient simultanément deux idées: les déficits en ressources d'une part et, certaines césariennes sont effectués pour de fins lucratives d'autre part (4).
4. La priorité ne devrait pas être d'atteindre un taux spécifique mais de tout mettre en œuvre pour pratiquer une césarienne chez toutes les femmes qui en ont besoin. La quatrième observation repose sur la théorie des besoins qui doivent correspondre aux problèmes et aux interventions (4)
5. Les effets des taux de césarienne sur d'autres issues telles que la mortalité, la morbidité maternelle et périnatale, la santé des enfants et le bien-être psychosocial restent à déterminer. De plus amples recherches sont nécessaires pour comprendre les effets de la césarienne sur la santé à court et à long terme.

Le déficit de diagnostic fait appel à la validité intrinsèque du même diagnostic, qui est la capacité de faire une distinction entre les gestantes nécessiteuses d'une césarienne et celles qui ne devraient pas en bénéficier. Sur le plan épidémiologique deux paramètres sont retenus pour mesurer la valeur intrinsèque de diagnostic: « *la sensibilité et la spécificité* » (12).

Dans cette étude *la sensibilité* d'un diagnostic est la capacité de réaliser la césarienne lorsque l'indication absolue est présente. Dans le cadre épidémiologique, la sensibilité mesure la probabilité conditionnelle que le diagnostic soit établi lorsque l'indication absolue est présente. La sensibilité est estimée par la proportion de résultats positifs parmi les malades, c'est-à-dire le rapport des Vrais Positifs (VP) sur le total des malades (13). Un diagnostic a une sensibilité maximale s'il est capable d'identifier tous les cas.

Par ailleurs, *la spécificité* d'un diagnostic est sa capacité de ne pas réaliser une césarienne quand l'indication maternelle absolue est absente. Dans le langage épidémiologique, la spécificité mesure la probabilité conditionnelle que le diagnostic soit négatif lorsque le problème de césarienne est absent. La spécificité est estimée par le rapport des vrais négatifs sur le total des non malades. Un diagnostic a une spécificité maximale s'il est capable de n'identifier que les cas (12,13).

En pratique clinique ou lors de la collecte d'observations épidémiologiques, l'investigateur ne connaît évidemment pas l'état réel du patient étant donné que l'étude s'effectue en rétrospective. Dans ce cas, il peut estimer la probabilité du problème au vu des résultats du diagnostic, c'est *la prédiction*. Cette dernière dépend de la capacité à fournir un résultat positif ou négatif qui correspond à une probabilité élevée de présence ou d'absence du problème, donc de l'indication de la césarienne. Les indices qui mesurent la validité prédictive d'un diagnostic sont *la valeur prédictive positive* et *la valeur prédictive négative* (12,13).

*La valeur prédictive positive d'un diagnostic positif* mesure la probabilité conditionnelle que l'indication absolue de la césarienne soit présente lorsque le diagnostic est positif. C'est *la probabilité a posteriori de présence d'un problème*.

*La valeur prédictive négative d'un diagnostic négatif* mesure la probabilité conditionnelle que l'indication absolue de la césarienne soit absente lorsque le diagnostic est négatif. C'est *la probabilité a posteriori d'absence d'un problème*.

Ces dernières années, nous constatons une augmentation du nombre d'accouchements par césarienne et aux conséquences négatives potentielles pour la santé maternelle et infantile.

En milieu rural, le taux élevé de césarienne est la conséquence de manque de sensibilité et de spécificité de diagnostic de la part du personnel médical et paramédical. Les césariennes effectuées dans des telles conditions augmentent de 4 fois plus le risque de décès maternels que lorsque la femme aurait accouché par voie basse (14). C'est pourquoi, évaluer les taux de césariennes corrélés à la validité intrinsèque de diagnostic médical est une nécessité pour réduire la morbidité et la mortalité maternelle en milieu rural.

## 2 MATERIEL ET METHODES

Une étude descriptive transversale a été réalisée dans quatre zones de santé à la période du premier janvier 2010 au trente un décembre 2014 dans la Division Provinciale de Santé de Lomami en République Démocratique du Congo.

La collecte des données était faite de manière exhaustive dans les dossiers des patientes qui avaient eu à accoucher. Les registres des accouchements et, de compte rendu opératoire, constituent la source des données. La population d'étude est constituée de 8172 dossiers dont 7735 accouchements parmi lesquels 1691 avaient subi une césarienne.

La notion de déficit de diagnostic médical réfère à la validité intrinsèque en termes de celles qui devraient bénéficier d'une césarienne et celle qui ne devaient pas, dans la mesure où une césarienne réalisée sur indication non absolue représente un danger pour la mère et/ou l'enfant.

Statistiquement le déficit de diagnostic médical pour une césarienne fait appel à quatre composantes: la sensibilité de diagnostic (Se), la spécificité de diagnostic (Sp), la valeur prédictive positive de l'intervention (VPP), la valeur prédictive négative de l'intervention (VPN). Ainsi les indicateurs de déficits de diagnostics pour les quatre composantes sont estimés de la manière suivante:

- $Se = VP / (VP + FN)$
- $Sp = VN / (VN + FP)$
- $VPP = VP / (VP + FP)$
- $VPN = VN / (VN + FN)$ .



Nous entendons par: VP (Vrais Positifs), femme qui avait bénéficié une césarienne sur indication absolue; FP (Faux Positifs), femme qui a subi une césarienne qui ne devrait pas avoir lieu; FN (Faux Négatifs), femme qui devrait bénéficier d'une césarienne mais, celle-ci n'a pas eu lieu (déficit) et VN (Vrais Négatifs), femme qui a accouché normalement par voie basse.

L'analyse statistique des données a consisté au calcul des rapports, des indices épidémiologiques Odds ratio (OR) des rapports de liaison par le chi-deux ( $\chi^2$ ), des taux de césariennes et de mortalité maternelle.

Nous admettons dans l'interprétation des résultats qu'il existe de déficits de diagnostic médical et le risque de césarienne lorsque la valeur obtenue est inférieure à 1. Il y a association entre taux de césarienne et déficits de diagnostic si la valeur de Chi-deux est significative supérieure au seuil de 5 %.

Les résultats de cette étude ont été validés par le comité scientifique de l'université de Bangui à la faculté des Sciences de la Santé en 2018. De même cette ne donne pas lieu à aucun conflit d'intérêt.

### 3 RESULTATS

Sur l'ensemble des dossiers exploités, 4997 ont concerné la zone de santé de Kabinda, 1371 la zone de Lubao, 992 à Ludimilukula (Lulu) et, 812 à Tshofa. Les composantes de déficits des diagnostics ont été calculées séparément. Nous constatons que dans l'ensemble les probabilités qui en découlent sont inférieures à 1 (tableau 1).

**Tableau 1. Estimation des déficits des diagnostics des césariennes sur les valeurs intrinsèques**

| Zones de santé | P+  | P-   | Se   | Sp   | VPP  | VPN  |
|----------------|-----|------|------|------|------|------|
| Kabinda        |     |      |      |      |      |      |
| E+             | 535 | 611  | 0,71 | 0,85 | 0,46 | 0,94 |
| E-             | 212 | 3639 |      |      |      |      |
| Lubao          |     |      |      |      |      |      |
| E+             | 106 | 110  | 0,54 | 0,90 | 0,49 | 0,92 |
| E-             | 89  | 1066 |      |      |      |      |
| Lulu           |     |      |      |      |      |      |
| E+             | 114 | 102  | 0,63 | 0,87 | 0,52 | 0,91 |
| E-             | 66  | 710  |      |      |      |      |
| Tshofa         |     |      |      |      |      |      |
| E+             | 89  | 106  | 0,55 | 0,89 | 0,45 | 0,89 |
| E-             | 70  | 547  |      |      |      |      |

Légende: P+ (parturientes nécessiteuses de césarienne), P- (parturientes non nécessiteuses de césarienne), E+ (parturientes avec indication absolue de césarienne), E- (parturiente avec indication non absolue de césarienne).

La catégorisation des parturientes donne lieu au calcul de l'indice épidémiologique du risque relatif d'une césarienne par zone de santé dans le tableau suivant.

Il ressort de nos analyses que les femmes qui accouchent dans les quatre zones de santé sont très exposées aux césariennes. Il se dégage en outre une large association entre les risques de césariennes et les déficits des diagnostics médicaux (tableau 2).

**Tableau 2. Risques relatifs des césariennes par zone de santé**

| Zones de santé | P+  | P-   | OR                    | $\chi^2$ | p     |
|----------------|-----|------|-----------------------|----------|-------|
| Kabinda        |     |      |                       |          |       |
| E+             | 535 | 611  | 15,03 [12,55 – 18,01] | 1177,9   | ***** |
| E-             | 212 | 3639 |                       |          |       |
| Lubao          |     |      |                       |          |       |
| E+             | 106 | 110  | 11,03 [8,19 – 16,27]  | 255,2    | ***** |
| E-             | 89  | 1066 |                       |          |       |
| Lulu           |     |      |                       |          |       |
| E+             | 114 | 102  | 12,02 [8,32 – 17,36]  | 222,9    | ***** |
| E-             | 66  | 710  |                       |          |       |
| Tshofa         |     |      |                       |          |       |
| E+             | 89  | 106  | 6,56 [4,5 – 9,55]     | 110,6    | ***** |
| E-             | 70  | 547  |                       |          |       |

Légende: \*\*\*\*\* (largement très significatif)

Les déficits de diagnostics médicaux et les risques des césariennes sur indication non absolue sont attribuables aux taux élevés de césarienne dans la Division provinciale de santé de Lomami, ceci fait l'objet du tableau 3.

Dans le tableau ci-dessous l'étude fait état des taux de césarienne supérieur au seuil de l'OMS de 10 – 15 %. Le taux global de césarienne obtenu est de 21,8 % avec des variations de 15,6 – 24,5 (tableau 3).

**Tableau 3. Taux des césariennes par zones de santé**

| Zone de santé | Nombre d'accouchement | Nombre césarienne | Taux (%) |
|---------------|-----------------------|-------------------|----------|
| Kabinda       | 4785                  | 1099              | 22,9     |
| Lubao         | 1282                  | 200               | 15,6     |
| Lulu          | 926                   | 212               | 22,8     |
| Tshofa        | 742                   | 180               | 24,5     |
| Total         | 7735                  | 1691              | 21,8     |

Le taux élevée césarienne dans une contrée a pour retombé le taux élevé de mortalité maternelle. Cette situation est explicitée au tableau 4.

Le taux de mortalité maternelle calculés dans cette étude est hospitalier, il est de 1073 p. 100,000. La zone de Lubao vient en tête, suivi de Kabinda, et Lulu et Tshofa ont respectivement des taux uniformes (Tableau 4).

**Tableau 4. Taux global de mortalité maternelle hospitalière**

| Zones de santé | Nombre total d'accouchement | Décès maternel | Taux p.100, 000 |
|----------------|-----------------------------|----------------|-----------------|
| Kabinda        | 4785                        | 33             | 689             |
| Lubao          | 1282                        | 36             | 2808            |
| Lulu           | 926                         | 7              | 755             |
| Tshofa         | 742                         | 7              | 943             |
| Total          | 7735                        | 83             | 1073            |

Les résultats ci-haut détaillés traduisent une relation significative entre les déficits des diagnostics médicaux, les taux élevés des césariennes et le décès maternel. Ces résultats sont confrontés aux études antérieures dans la partie discussion.

#### **4 DISCUSSION**

Cette étude a fait l'objet d'une association entre trois grandes composantes essentielles: le déficit de diagnostic médical, les taux élevés des césariennes et le décès maternel.

Les besoins en interventions complémentaires pour indications maternelles absolues sont également appelés déficits qualitatifs. Ces déficits ont été inventoriés du point de vue sensibilité, spécificité, valeur prédictive positive et négative. Dans la présente étude, aucune zone de santé n'a enregistré une probabilité supérieure ou égale à 1 respectivement pour les quatre composantes de diagnostic de qualité sus mentionnées. La situation constatée est liée à l'incapacité des professionnels de médicaux de distinguer les indications maternelles absolues (sensibilité de diagnostic) des indications non absolues (spécificité de diagnostic) lors de la prise de décision (valeurs prédictives) pour une intervention complémentaire (6). De même, cette incapacité est statistiquement significative et augmente de deux fois plus les risques de décès maternels dans les formations sanitaires souligne Mukuna et al., op.cit).

Il ressort de nos analyses que les femmes qui avaient accouché dans les quatre zones de santé étaient beaucoup exposées aux césariennes. L'étude a établi une large association entre les déficits des diagnostics médicaux et les risques des césariennes ( $p < 5\%$ ), et ces risques varient entre 6 et 15 fois plus lorsque le diagnostic médical n'est pas spécifique.

Cette difficulté de diagnostic spécifique réside dans l'incapacité de distinguer à la consultation les Indications Maternelles ou Fœtales Absolues (IMFA), (hémorragies sur placenta prævia, la dysproportion foeto-pelvienne, les syndromes de pré-rupture, les ruptures utérines, les complications des avortements), et les Indications Maternelles ou Fœtales non Absolues (IMFNA), (souffrances fœtales aiguës, travail d'accouchement prolongé, présentations vicieuses....). Cette distinction ne peut être possible que dans un contexte sanitaire où les capacités en moyen matériel et humain sont réunies. Les interventions réalisées sur les indications non absolues impact sur le décès maternel (15)

Dans la plupart des formations sanitaires de référence les interventions obstétricales complémentaires réalisées sont les césariennes. La présente étude rapporte un taux global de 21,8 % avec des variations inter zones de 15,6 % à 24,5 %.

Les taux de césariennes constatés sont supérieurs à l'intervalle prôné par OMS qui est de 10 et 15 % (16) Et l'OMS estime que les taux des césariennes supérieurs à 10 % ne sont pas associés à une réduction des taux de mortalité maternelle et néonatale. Cette recommandation corrobore aux résultats de cette étude en ce qui concerne les ratios des décès maternels constatés.

Par contre l'essai clinique randomisé à Harare (Zimbabwe), sur 15994 femmes enceintes n'est pas en accord avec la recommandation de 10 à 15% de l'OMS. Cet essai avait révélé un ratio de mortalité maternelle de 71 % alors que le taux de césariennes était à 2,7 %. C'est pourquoi, l'apport de la littérature sur le taux de césariennes est très relatif dans la mesure où les taux d'interventions obstétricales majeures, sont très variables d'un endroit à l'autre (17).

Faisant suite à l'étude de Harare, il se pose souvent chez la femme césarisée un problème de suivi en post opératoire ou une complication grave de la mère peut surgir et augmenter à cet effet le risque de décès chez cette dernière.

Bien que pratiqué dans le seul but de sauver la vie de la mère et/ou celle de l'enfant, la césarienne ne reflète pas à elle seule la qualité de soins dans une structure compte tenu du risque élevé de décès qu'elle représente. Son efficacité dépend en partie de la qualité de moyens mis en œuvre. C'est pourquoi, une femme césarisée est 3 fois plus exposée au décès maternels que lorsqu'elle accouche par voie basse (18). Les résultats de l'analyse bi-variée de cette étude vont dans le même sens que la déclaration de l'Unicef, et révèlent un rapport de prévalence de décès maternel très élevé en cas de césarienne.

Le taux de mortalité maternelle calculé dans cette étude est hospitalier, il est de 1073 p. 100,000. La zone de Lubao vient en tête, suivi de Kabinda, enfin Lulu et Tshofa ont respectivement des taux uniformes. Ce taux est significativement supérieur au ratio de mortalité maternelle à l'échelle nationale (soit 846 décès p.100000 naissances (19) et à celui de la Division Provinciale de Santé de Lomami (soit 640 décès p.100000 Naissances (20). Comparativement à une autre étude similaire menée dans trois régions de l'Ouest de la RDC (Ex-Bandundu, Congo centrale et Kinshasa), ce taux est le double de celui obtenu dans ces régions soit 549 décès p.100000 naissances (21).

Une étude réalisée dans cinq centres de santé de l'État d'Enugu au Nigeria en 2005 a trouvé que la majorité des décès maternels ont été causés par défaut de diagnostic. Il en est de même pour l'étude réalisée auprès des membres des familles de douze femmes enceintes décédées en Haïti qui a révélé que la majorité des décès étaient aussi attribuables à la qualité de diagnostic. Des autopsies verbales ont permis aux auteurs de constater que, même si les femmes souhaitent accoucher dans de bonnes conditions pour éviter de mettre en péril leur santé et celle de leur nouveau-né, elles évitent de fréquenter les

services de santé qui ne répondent pas à leurs besoins (22). C'est le cas de la présence du personnel qualifié pour un diagnostic de qualité et une intervention appropriée.

La césarienne et la qualité de diagnostic à elles celles ne constituent pas les risques de décès maternels. Des entrevues réalisées auprès de femmes ayant présenté des complications, mais en ayant réchappé (échappées-belles) ont montré que, lors des évacuations sanitaires, les parturientes rencontrent de nombreux problèmes, entre autres le long moment d'attente du personnel soignant, les coûts élevés engendrés par l'évacuation, les retards au niveau de l'intervention, et autres (23). Ces facteurs pourraient être étudiés en milieu urbain et rural de la République Démocratique du Congo afin de renforcer les stratégies de réduction des taux élevés de décès maternels selon la vision des Objectifs de Développement Durable.

## 5 CONCLUSION

Les taux élevés de césariennes en milieux hospitaliers demeurent une préoccupation importante sur la qualité de la santé maternelle. Plusieurs facteurs sont attribuables à ces taux néanmoins, améliorer la qualité de diagnostic par des indications absolues d'une césarienne est une nécessité pour réduire les risques excessifs de césariennes et les taux de mortalité maternelle.

## REFERENCES

- [1] OMS et Human Reproduction Programme (2014) déclaration de l'OMS sur les taux de césariennes, [www.who.int/reproductivehealth](http://www.who.int/reproductivehealth).
- [2] Vogel JP, Betr  n AP, Vindevoghel N, Souza JP, Torloni MR, Zhang J et al. on behalf of the WHO Multi-Country Survey on Maternal and Newborn Health Research Network. Use of the Robson classification to assess caesarean section trends in 21 countries: a secondary analysis of two WHO multicountry surveys. *Lancet Global Health* 2015; 3 (5): e260-70.
- [3] Ye J, Betran AP, Vela MG, Souza JP, Zhang J. Searching for the Optimal Rate of Medically Necessary Cesarean Delivery. *Birth*. 2014; 41 (3): 237-43.
- [4] Mukuna N.B. et col., étude des besoins obstétricaux non couverts pour les interventions obstétricales majeures: L'expérience de la division sanitaire de Lomami (RDC), IJIAS, Vol. 23 No. 4 Jul. 2018, pp. 705-711.
- [5] TOLLEGBE A. Facteurs explicatifs de la discontinuité des soins obstétricaux en Afrique: cas du Benin, Mémoire de DESSD en démographie, Institut de Formation et de Recherche Démographiques (IFORD), Université de Yaoundé II, Yaoundé, 2014 89p.
- [6] Mukuna N.B. et col., Factors Associated with Perinatal Mortality Risk in the Provincial Division of Lomami in the Democratic Republic of Congo, IJIAS, Vol. 23 No. 4 Jul. 2018, pp. 434-440.
- [7] Victora CG, Barros FC. Beware: unnecessary caesarean sections may be hazardous. *Lancet*. 2006; 367 (9525): 1796-7.
- [8] What is the right number of caesarean sections? *Lancet*. 1997; 349: 815-6.
- [9] Betran AP, Torloni MR, Zhang J, Ye J, Mikolajczyk R, Deneux-Tharaux C et al. What is the optimal rate of caesarean section at population level? A systematic review of ecologic studies. *Reprod Health*. 2015; 12 (1): 57.
- [10] Ye J, Zhang J, Mikolajczyk R, Torloni MR, G  lmezoglu AM, Betr  n AP. Association between rates of caesarean section and maternal and neonatal mortality in the 21st century: a worldwide population-based ecological study with longitudinal data. *BJOG*. 2015 Aug 24 (Epub ahead of print).
- [11] Mukuna N.B. et col., Mortalité maternelle en milieu rural de la République Démocratique du Congo: Tendances et perspective, in CRUDIPN, Vol I, 001, 2017; 104-110.
- [12] HennekenCh.H., Buring J.E., MagrentSh.L.:   pid  miologie en médecine. Eds Frison- Roche 1998.
- [13] Jenicek M et Cl  roux R:   pid  miologie: Principes, Techniques, Applications, Québec. EdisemInc et Maloine S.A., 1984.
- [14] Mukuna NB, Facteurs explicatifs de la surmortalité maternelle et périnatale associés aux déficits en interventions obstétricales majeures; Thèse de doctorat Ph. D en Santé publique Option   pid  miologie; Université de Bangui, 2018; 144 p.
- [15] Ministère de la Santé Publique (2010), Stratégie de renforcement du système de santé, 2  me   d., Kinshasa, 231p.
- [16] OMS, UNICEF, UNFPA et la Banque mondiale. (2014) Trends in Maternal Mortality: 1990-2010, 24p. <http://www.unfpa.org/public/home/publications/pid/10728> (15Sep 2015).
- [17] MUNJANJA SP, LINDMARK G, NYSTRÖM L. (1996) Randomised controlled trial of a reduced-visits programme of antenatal care in Harare, Zimbabwe. *Lancet*, n  348: p.364-369.
- [18] UNICEF (2002) La situation des enfants et des femmes demeure préoccupante en RDC, résultats de MICS2, Kinshasa, p117.
- [19] Ministère du Plan & Ministère de la Santé Publique (2014) Deuxième enquête Démographiques et de santé en RDC, Kinshasa, 678p.

- [20] Division Provinciale de la Santé (2015) Descriptif actualisé de la DPS Lomami, Rapport annuel 2014, Kabinda, 59p.
- [21] OMS (2003) Rapport sur la santé dans le monde: Façonner l'avenir, OMS; n° 27, Genève, 16p.
- [22] ISSAH, K, Nang-Beifubah, A, Opoku, FC. (2011). Maternal and neonatal survival and mortality in the Upper West Region of Ghana. *International Journal of Gynaecology and Obstetrics* n°113 (3): p.208-210.
- [23] SAIZONOU, J, Godin, I, Ouendo, EM, Zerbo, R, Dujardin, B. (2006) La qualité de la prise en charge des urgences obstétricales dans les maternités de référence au Bénin: Le point de vue des « Échappées Belles » et leurs attentes. *Tropical Medicine and International Health* n°11 (5): p.672-680.

## La qualité de vie et le cadre urbain: Pour quelle approche de mesure ?

### [ The quality of life and urban setting: For which measurement approach ? ]

*Chouaf Houria<sup>1</sup> and Gherzouli Lazhar<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Doctorante à l'institut de Gestion des Techniques Urbaines, université Larbi Ben M'hidi, Oum El Bouaghi, Algeria

<sup>2</sup>Maitre de conférences A - HDR, université Larbi Tébessi, Tébessa, Algeria

---

Copyright © 2020 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 search for quality of life in urban areas has become inevitable today. This missing attribute of today's urban is at the heart of the city debate. Indeed, the latter now faces multiple dysfunctions. This then implies that its development and management strategies must be rethought to the extent that it is more effective and able to meet the needs, expectations and aspirations of individuals in their daily lives.

In reality, the state of the urban living environment reveals certain practices, emanating both from public decision-makers and from citizens themselves, who express that the urban space management policies adopted are mostly carried out. Outside the regulations. These urban fragilities of the living environment that characterize most Algerian cities, including the city of Ain-Beida, have pushed us to the process of urban diagnosis, through which we aim to assess the standard of living while detecting all gaps and nuisances in order to put an end to the informal urban with its resulting paradoxes.

To carry out this work, the methodology adopted to measure this quality is based on the quantitative method which is often carried out via a survey through which we aim to capture the representations of the population as well as its perceptions through a set of themes: the commercial weight, the level of equipment, traffic and transport problems, accessibility to relaxation and meeting areas. The results obtained show that the different sectors of the city face various difficulties. The inhabitants of the central districts and certain pericentral districts express their satisfaction with the potentialities of trade and equipment but they declare the presence of congestion situations and traffic problems. However, the suburbs are devoid of even the basic necessities of commerce and green spaces and recreation, which pushes them to move to other neighborhoods or exit outside the city to meet their needs. However, some residents completely denounce living conditions which do not even meet their basic requirements.

**KEYWORDS:** Quality of life, urban setting, evaluation, urban diagnosis, quantitative approach, survey, Ain-Beida.

**RESUME:** La quête de la qualité de vie en milieu urbain est devenue, de nos jours, inévitable. Cet attribut manquant de l'urbain actuel se trouve au coeur du débat sur la ville. En effet, cette dernière fait face aujourd'hui aux multiples dysfonctionnements. Ceci implique alors que ses stratégies de développement et de gestion doivent être repensées dans la mesure où elles doivent être plus efficaces et aptes à répondre aux besoins, aux attentes et aux aspirations des individus dans leur vécu quotidien.

Dans la réalité, l'état du cadre de vie urbain révèle certaines pratiques, émanant aussi bien de la part des décideurs publics que des citoyens eux même, ce qui expriment que les politiques de gestion de l'espace urbain adoptées s'effectuent le plus souvent hors la réglementation.

Ces fragilités urbaines du cadre de vie qui caractérisent la plupart des villes algériennes, entre autres, la ville d'Ain-Beida, nous ont poussée à évoquer le processus du diagnostic urbain à travers lequel nous visons une évaluation du niveau de vie tout en décelant toutes lacunes et nuisances dans le but de mettre fin à l'urbain informel avec ses paradoxes qui en découlent.

Pour mener à bien ce travail, la méthodologie adoptée pour mesurer cette qualité se base sur la méthode quantitative qui s'effectue souvent via un questionnaire à travers lequel nous visons à saisir les représentations de la population ainsi que ses perceptions à travers un ensemble de thématiques: le poids du commerce, le niveau d'équipement, les problèmes de circulation et de transport, l'accessibilité aux espaces de détente et rencontre. Les résultats obtenus révèlent que les différents secteurs de la ville de Ain Beida font face à diverses difficultés. Les habitants des quartiers centraux et certains quartiers péri-centraux expriment leur satisfaction quant au potentialités du commerce et d'équipement mais ils déclarent la présence

de situations de congestionnement et de problèmes de circulation. Ceux des quartiers périphériques disent qu'ils sont dépourvus même des premières nécessités du commerce et des espaces verts et de détente ce qui les pousse à aller vers d'autres quartiers ou sortir en dehors de la ville pour garantir leurs besoins. Encore, certains habitants dénoncent totalement leurs conditions de vie qui ne répondent même à leurs exigences de base.

**MOTS-CLÉS:** La qualité de vie, le cadre urbain, évaluation, diagnostic urbain, l'approche quantitative, le questionnaire, Ain-Beida.

## 1 INTRODUCTION

Penser la ville en terme de qualité de vie est devenu aujourd'hui un enjeu majeur, aussi bien dans les engagements des pouvoirs politiques que chez des décideurs locaux. C'est aussi l'une des principales préoccupations des citoyens. En effet, cet intérêt de l'Etat et les revendications sociétales ont accentué les débats sur cette notion considérée comme l'attribut manquant de l'urbain actuel.

Au tournant du XXI<sup>ème</sup> siècle, l'urbanisation accélérée et parfois brutale des villes a rendu difficile la recherche d'un espace de qualité, un espace capable de répondre aux attentes et aux aspirations des individus dans leur vécu quotidien. Cette crise urbaine marque particulièrement les pays en voie de développement qui attestent une croissance urbaine dans le cadre de l'absence de développement économique et social. Le résultat est que les villes de ces pays ont connu de forts bouleversements touchant à la fois des *aspects fonctionnels*, à travers les métamorphoses de ses espaces anciens centraux, la prolifération des périphéries, des problèmes de transport et de mobilité, ... des *aspects sociaux* qui figurent dans des images de marginalité et d'exclusion sociale, voire une sous intégration de ses habitants, ... et des *aspects paysagers* qui ont mené à la détérioration des espaces naturels et à la dégradation de leur cadre de vie en général, ...

Ces dysfonctionnements invitent à repenser la production de l'urbain informel et anarchique qui a menacé la qualité de vie des citoyens et qui a influencé négativement sur leur bien-être. De nombreuses voies ont été soulevées pour dire: on vit mal dans les villes. Telle est la situation de la plupart des villes en Algérie qui a connu de fortes croissances urbaines incontrôlées et démesurées, réalisées hors la réglementation, c'est-à-dire dans le cadre du non respect des règles d'urbanisme, notamment durant la période de l'après indépendance. Des fragments hétérogènes se tissent morphologiquement et socialement les uns à côté des autres pour délivrer des aspects urbains pauvres en terme de qualité des espaces et où les notions de bien-être et de bonheur sont disparues.

A l'instar des villes algériennes, la ville d'Ain-Beida n'échappe plus à cette problématique. Disposant d'une histoire riche de patrimoine et de culture, la ville d'Ain-Beida, appelée autrefois Marciméni, fait partie de la province de Numidie. Ces racines se prolongent à l'époque romaine. Elle a été considérée depuis longtemps comme un carrefour urbain, entre deux anciennes villes romaines: Thévest et Cirta, chose qui lui a permis d'être un lieu d'attraction et de convergence des flux et des mouvements de migration. Lors de l'arrivée des français, Ain-Beida était un village colonial en 1848, elle est promue au rang de commune de plein exercice en 1868 avec une population d'origine variée<sup>1</sup>. Depuis sa création, la ville se trouve dans un état d'évolution continue, en particulier, ces dernières décennies où elle a connu une urbanisation rapide effectuée hors la législation ce qui a conduit effectivement à l'apparition de l'urbain informel avec tous ses paradoxes qui se jettent sur le paysage urbain de la ville. Des images de citadinité et de ruralité se greffent les unes des autres, des mutations spatiales et fonctionnelles du centre ancien et par conséquent une prolifération des périphéries qui révèlent de l'habitat anarchique et illégal.

Toutes ces fragilités urbaines dans la ville dénotant de la non maîtrise du processus d'urbanisation ont guidé notre choix vers la ville d'Ain-Beida.

A travers cet article, nous visons à déceler les différentes hétérogénéités qui caractérisent le cadre de vie urbain des citoyens et qui ont aggravé leur qualité de vie. En d'autres termes, nous voulons, par le biais de ce travail, effectuer un diagnostic urbain de la ville afin de saisir les dysfonctionnements et les différents mécanismes sous-jacents qui ont touché négativement à la qualité de vie de ses habitants. Le but étant de répondre à leurs attentes et leurs aspirations dans leur milieu quotidien.

---

<sup>1</sup>BOUCHEMAL Saleh. 2009, « Mutations socio spatiales en milieu urbain : entre citadinité et ruralité, L'exemple d'une ancienne ville coloniale française en Algérie », Cahiers de géographie du Québec Volume 53, numéro 149, p. 262, <https://www.erudit.org/fr/revues/cgq/2009-v53-n149-cgq3578/038785ar/>

Pour atteindre cet objectif, nous voulons aborder ce diagnostic sous l'angle de la qualité de vie telle qu'elle est perçue et représentée dans les esprits des individus. Pour ce faire, nous jugeons nécessaire d'évoquer la notion de la qualité en elle-même afin de déceler ses significations, ses dimensions et ses systèmes de mesure.

En effet, la qualité de vie n'est plus une notion récente. Elle remonte à l'urbanisme hygiénique des cités jardins et de l'urbanisme fonctionnel de la ville moderne. Actuellement, elle se situe au cœur du champ de développement durable. Son apparition dans les années 60 a traduit évidemment l'évolution de la pensée et la croissance de l'intérêt qui doit être attribué à la qualité de l'urbain dans les villes d'aujourd'hui. Promouvoir la qualité en ville devient une nécessité que nous sommes tous appelés à concrétiser dans la réalité vécue.

Dès son émergence, beaucoup de chercheurs, en menant plusieurs travaux, ont tenté d'éclaircir cette notion considérée comme "floue" si ce n'est "poreuse" ou encore une notion "Fourre-tout"<sup>2</sup> (Antonio Da Cunha, Sandra Guinand, 2014).

Le résultat est le manque d'un consensus quant à une définition précise. Sa polysémie renvoie à la multiplicité des disciplines qui l'adoptent et à la variété des approches qui la mesurent. Cependant, le seul constat auquel ces chercheurs ont été convenu est bien sa conception générale qui se structure autour des *dimensions objectives* abordant des aspects extérieurs de l'environnement à savoir: l'accessibilité, la répartition des activités et de services, le transport, etc et *d'autres subjectives* qui portent sur les perceptions, les représentations et les attentes personnelles. A ce propos, Divay et al, 2004, donnent une signification au concept de la Qualité de Vie Urbaine comme suit: « *Polysémique par définition, le concept de qualité de vie renvoie à différents aspects de la vie urbaine, comme les conditions matérielles d'existence, les disparités socio-économiques, l'accès à des services et à des équipements de toutes sortes, l'organisation des activités dans l'agglomération, [...]. La qualité de vie en milieu urbain serait ainsi conditionnée à la fois par des facteurs objectifs, comme des aspects physico-morphologiques et socio-économiques du milieu urbain, mais aussi par des dimensions subjectives qui tiennent des valeurs, des perceptions et des aspirations de chacun* »<sup>3</sup>. De ceci apparaît clairement qu'une fois la notion de la qualité de vie s'évoque, cela implique directement d'aller chercher les indicateurs nécessaires pour son évaluation. Elle pose alors une question de méthodologie dont il convient de saisir ses critères de mesure.

C'est dans cette perspective que ce travail de recherche s'inscrit et autour duquel la question principale s'articule: Quelle serait la méthodologie la plus appropriée qui peut nous amener à mesurer le niveau de la qualité de vie dans la ville d'Ain-Beida, et qui permet, entre autres, de déceler les différents dysfonctionnements qui provoquent le bien-être des habitants ?

Compte tenu de son caractère subjectif qui relève des jugements de valeurs des individus et relatif qui correspond à l'espace et au temps, tel qu'il est désigné par Dind: « *la qualité de vie se réfère à la fois à la dimension perçue, éminemment subjective et relative* », (Dind, 2009)<sup>4</sup>.

Ceci signifie que la qualité de vie pose le problème de contexte qui la rend différente d'une région à une autre. De plus, ses indicateurs ne sont plus normatifs, ils varient par rapport aux conditions socio-économiques et environnementales et aux valeurs culturelles de la société, tel qu'il est signalé par Bichat et Bouvier (2009) qui ont mis l'accent sur ce concept en disant: « *la Qualité n'est pas unique, elle est contextuelle, elle est sociale. Elle se partage et se construit par l'échange à partir de fondamentaux qui doivent être explicités et partagés. Le contact continu entre la conception et la réalité vécu doit être structuré* »<sup>5</sup>.

Afin de répondre à la question de recherche, nous avons émis l'hypothèse suivante: Le recours à la méthode quantitative par le biais des indicateurs objectifs serait un moyen permettant de mesurer le taux de satisfaction des habitants de la ville d'Ain-Beida et par conséquent déterminer le niveau de qualité de leur vie.

A noter qu'à travers ce travail qui s'inscrit dans un projet de préparation de thèse de Doctorat, notre finalité principale est de tester l'efficacité de cette méthode pour savoir si elle peut remplir l'objectif requis quant à la mesure de la qualité de vie.

<sup>2</sup>Emeline Bailly, Hervé Duret, Dorothée Marchand, Vincent Renault, Nadine Roudil, 2015, « Proposition d'une méthodologie d'évaluation de la qualité urbaine : Eco---quartiers et qualité urbaine, qualité de vie, qualité d'être », <https://docplayer.fr/130944646-Proposition-d-une-methodeologie-d-evaluation-de-la-qualite-urbaine-eco-quartiers-et-qualite-urbaine-qualite-de-vie-qualite-d-etre.html>

<sup>3</sup>« Le concept de Qualité de Vie », op cit, p : 36

<sup>4</sup>Sylvain Capelle, Sébastien Pouliot, Robin Hottelier, Manuele Comazzi, « La qualité de vie: une notion relative, Diagnostic de dystopie urbaine et prospective pour l'urbanisme », [https://people.unil.ch/christophemager/files/2014/06/TP\\_6.pdf](https://people.unil.ch/christophemager/files/2014/06/TP_6.pdf)

<sup>5</sup>RACETTE DORJON Paul, 2016, « Les effets des pratiques touristiques sur la qualité urbaine, le cas du vieux Montréal et de San Telmo », mémoire présentée comme exigence partielle de la maîtrise en études urbaines, Université du Québec à Montréal, p : 183



## 2 METHODOLOGIE D'ANALYSE

### 2.1 LAMÉTHODE QUANTITATIVE ET LA MESURE DE LA QUALITÉ DE VIE

Dans les recherches sociales, l'approche quantitative fait souvent appel aux valeurs numériques et aux analyses statistiques pour expliquer un phénomène. Elle s'effectue généralement via un questionnaire à travers lequel nous recueillons des données brutes et concrètes, il s'agit souvent des chiffres ou des données numériques<sup>6</sup>. Une fois adoptée par le chercheur, la méthode quantitative peut garantir une crédibilité scientifique en raison de sa représentativité de l'échantillon large qui permet ensuite de généraliser les résultats obtenus.

Autrement dit, cette méthode peut être un outil efficace à travers cette représentativité qui doit tenir compte de la variété des attentes de la population. A travers cette approche, le chercheur accède aux informations de façon indirecte<sup>7</sup>. L'analyse de ces informations porte sur la description des variables relatifs au fait étudié et la création de relations ou des associations entre eux (M. Assie, Guy Roger et Dr. Kouassi Roland Raoul)<sup>8</sup>. Dans notre travail, nous visons à déterminer le niveau de satisfaction des habitants pour chaque indicateur de mesure et de saisir l'impact des uns sur les autres qui les mis dans une relation d'interdépendance.

### 2.2 LE QUESTIONNAIRE, UN INSTRUMENT D'INVESTIGATION ET OUTIL DE VÉRIFICATION

Les études quantitatives optent souvent pour le questionnaire, à la base d'entretiens fermés, comme outil de collecte des informations qui vise une analyse statistique de ses résultats et sert à mesurer et quantifier le comportement des individus vis-à-vis une situation ou un problème donné. Par définition, « *Un questionnaire est souvent confondu avec un guide d'enquête qui est la liste des questions plus ou moins bien rangées et organisées qui sert à explorer un sujet* »<sup>9</sup>.

Notre objectif, à travers ce questionnaire, vise à définir les relations entre les différentes variables des données recueillies afin de rendre compte du phénomène étudié dans son contexte social.

En menant ce questionnaire, ce dernier nous permet de se renseigner sur leurs pratiques quotidiennes concernant un certain nombre d'indicateurs, jugés comme éléments de potentialités, déterminés au préalable. Ceci dit, qu'à travers cet instrument, nous voulons s'informer sur les jugements de valeurs que portent les habitants de la ville d'Ain-Beida quant à certaines aménités offertes dans leurs quartiers d'habitations, qui leurs disponibilités ou leurs absences affectent énormément leur milieu de vie et cela après l'interprétation et l'analyse de leurs réponses. Il est question aussi de comprendre leurs comportements envers ces dernières et saisir les facteurs qui entre en jeu dans la détermination de leur niveau de satisfaction. A ce propos, l'auteur dans sa thèse de doctorat a annoncé qu'une fois adopté dans une enquête, le questionnaire doit « *d'établir un rapport de causalité entre une pratique étudiée et le milieu social* »<sup>10</sup> (De Singly, cité par Nguyen Do Thien-Vu).

Afin de mener à terme l'objectif souligné dans cet article, qui vise de procéder à un diagnostic urbain de la ville par le biais de l'évaluation du bien-être des citoyens, le choix de certains indicateurs objectifs est nécessaire, dans le but de pouvoir mesurer leur degré de satisfaction et leur niveau de qualité de vie dans leur milieu de vie. Pour ce faire, il y a lieu de faire recourir aux indicateurs suivants: le poids commercial, l'accès aux équipements, problème de circulation et du transport, disponibilité des lieux de rencontre et de détente. Chacun de ces indicateurs disposent d'un ensemble d'indices. A noter que les résultats de ce travail ont été aboutis à travers l'enquête du terrain que nous avons menée en 2014. Cette enquête a été effectuée sur l'ensemble des secteurs de la ville, qui sont répartis en plusieurs couronnes urbaines, tel qu'il est illustré dans la carte suivante ci-dessous.

---

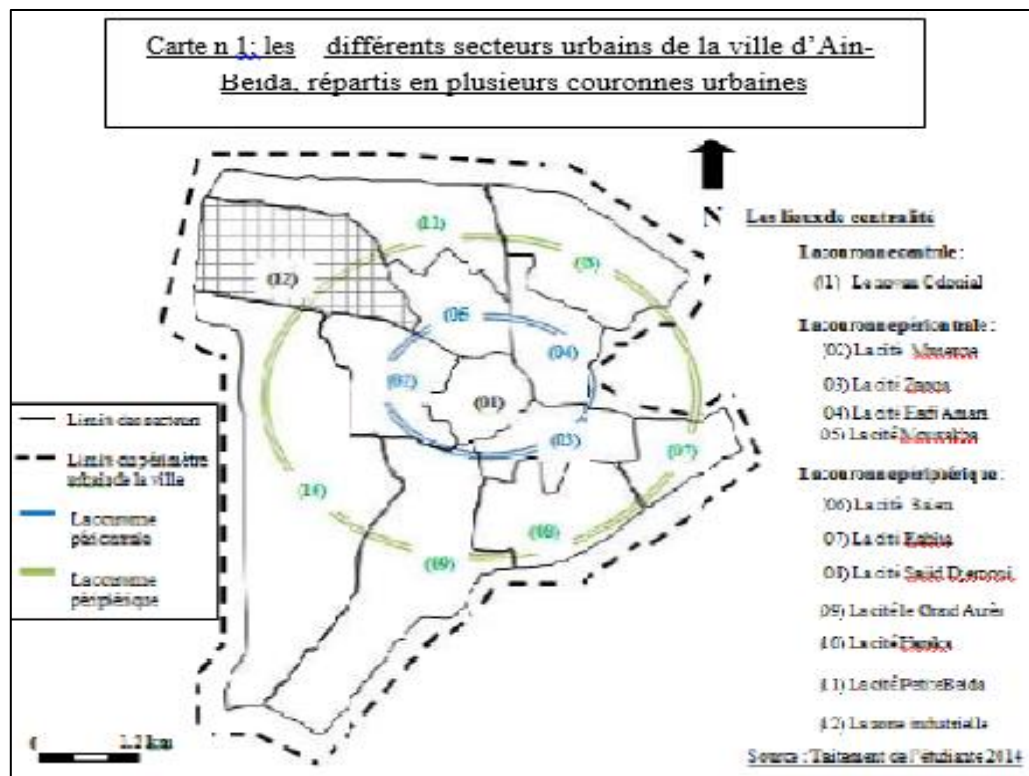
<sup>6</sup>«La complémentarité des méthodes quantitatives et qualitatives », <https://blogue.som.ca/la-complementarite-des-methodes-quantitatives-et-qualitatives/#:~:text=Je%20simplifie%20en%20r%C3%A9sumant%20ainsi,narratives%20pour%20comprendre%20une%20situation>.

<sup>7</sup> Livian Yves, 2015, « *Initiation à la méthodologie de recherche en SHS : réussir son mémoire ou sa thèse* ». Centre Magellan, Université Jean Moulin- Lyon 3, HAL/ , p : 38, <http://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01102083> (Consulté le 24/08/2020 à 19 :36).

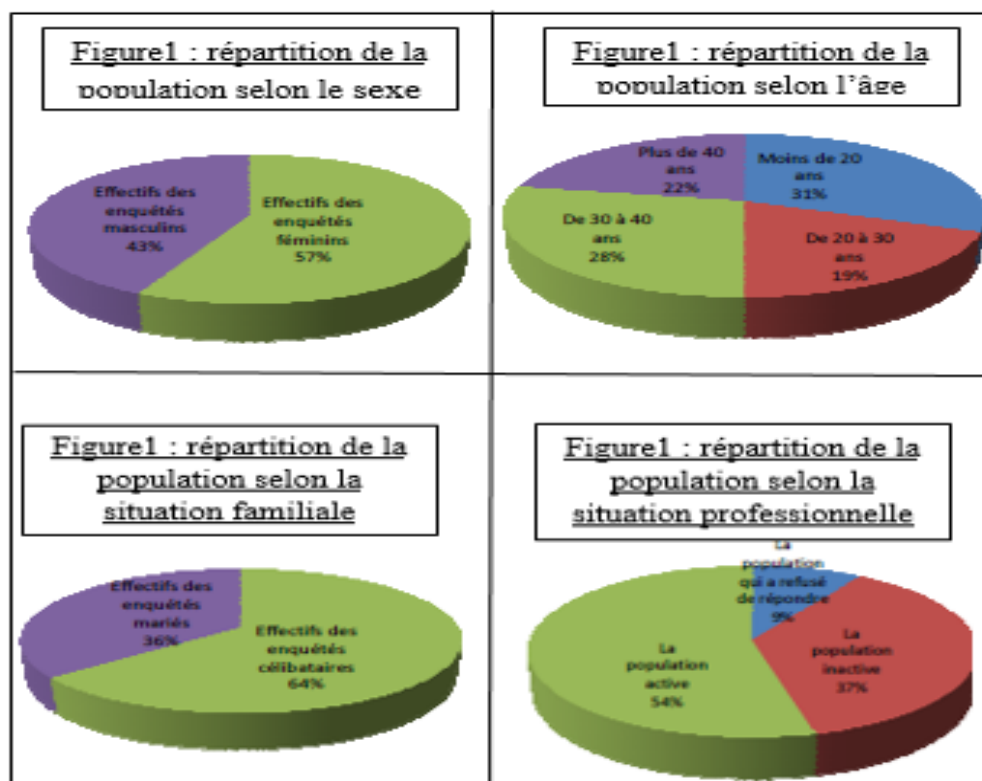
<sup>8</sup>« Cours de méthodologie de recherche », [http://www.dphu.org/uploads/attachements/books/books\\_216\\_0.pdf](http://www.dphu.org/uploads/attachements/books/books_216_0.pdf) (Consulté le 30/08/2020 à 11 :43).

<sup>9</sup> LACOMBE Bernard, 1997, « *Pratique du terrain, Méthodologie et techniques d'enquête* », thèse de doctorat, l'Université de Paris I-PANTHÉON - SORBONNE, p :337

<sup>10</sup>NGUENDO Thien Vu, 2019, « *La professionnalisation des enseignants de langues étrangères vietnamiens : entre tradition et industrialisation: étude comparative entre enseignants des secteurs public et privé* », thèse de doctorat, université de Caen Normandie, <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02377634/document>



En ce qui concerne la population enquêtée, la taille de l'échantillon a été portée sur 300 personnes. Afin de respecter sa représentativité, la population interrogée se varie selon les critères du sexe, de l'âge, de la situation familiale et la situation professionnelle. La répartition de cette population selon ces critères est illustrée dans la figure ci-dessous.



### 3 ANALYSE DES RESULTATS

#### 3.1 ANALYSE DES DONNÉES DE L'ENQUÊTE

Dans ce travail, notre enquête de terrain, va aborder tout d'abord, une présentation du cadre urbain de la ville dans les thématiques citées auparavant sous forme d'indicateurs de mesure. Car cette présentation préalable va nous permet d'avoir une idée sur le contexte d'étude à travers ces critères d'analyse, et entre autre, nous facilite de comprendre les pratiques des habitants ainsi que leur satisfaction ou non envers ces indicateurs dans les différents secteurs de la ville qui sera analyser à travers le questionnaire effectué auprès des habitants.

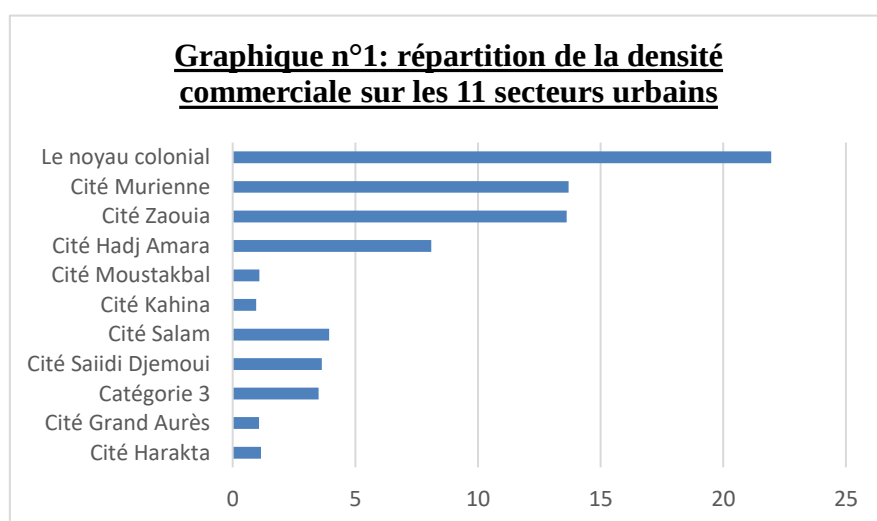
#### A- DIAGNOSTIC DE LA STRUCTURE COMMERCIALE ET DES EQUIPEMENTS

Dans ce qui suit, nous avons aborder, d'une part, l'analyse de la structure commerciale en se référant aux trois indices qui sont: la densité commerciale, la diversité commerciale et la force d'attraction commerciale. D'autre part, le niveau d'équipement sera abordé à travers la répartition des équipements (concentration ou dispersion) ainsi que leur diversité dans chaque quartiers d'étude.

- Analyse du poids commercial:

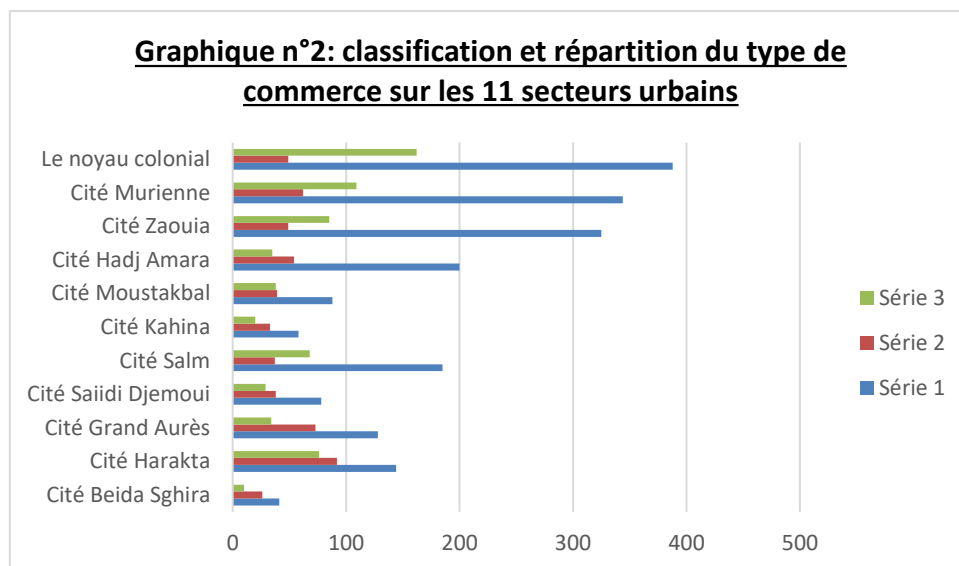
Dans le but de saisir les représentations des habitants quant aux aménités offertes par leur milieu de vie en ce qui concerne l'indicateur du poids commercial, nous avons jugés utile d'exposer brièvement la structure commerciale de la ville, qui sera analysé par rapport à différents indices qui sont: la densité commerciale, la force d'attraction commerciale et la diversité commerciale, et qui va nous permettre et nous facilite de comprendre les pratiques des habitants envers ce motif du poids commercial.

Pour ce qui est de la densité commerciale, le graphique n° 01 ci-dessous présente la distribution de cette dernière sur les différents secteurs urbains de la ville, elle se mesure par la division du nombre des locaux commerciaux du secteur par la superficie du secteur.

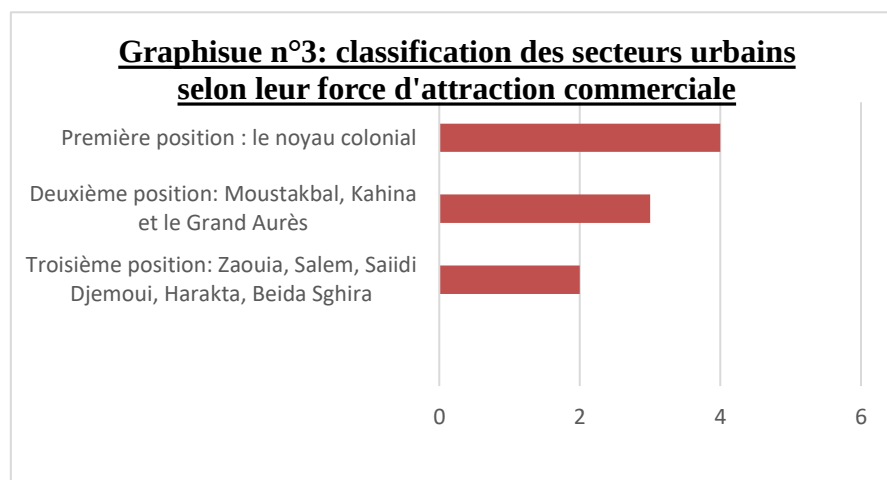


La figure illustre que le noyau colonial représente la densité la plus élevée du commerce avec 21.95 par rapport au reste des secteurs. En deuxième classe, il y a lieu de la cité Murienne et Zaouia avec 13.65, suivies de la Cité Hadj Amara avec seulement 8.10, la Cité Saiidi Djemoui et Essalam avec 3.63 et 3.93, puis la Cité Kahina, le Grand Aures, Harakta, El-Moustakbal et Beida Sghira entre 2 et 0.5. Ceci explique que la localisation géographique des secteurs au sein du périmètre urbain de la ville détermine largement la densité des commerces. En s'éloignant du centre, on remarque que la densité commerciale se réduit, et c'est qu'on trouve dans les secteurs périphériques qui présentent de faibles densités commerciales malgré les grandes superficies qu'elles possèdent.

En ce qui concerne la diversité commerciale, le graphique n°2 ci-dessous, affiche la classification des différents types du commerce sur l'ensemble des secteurs de la ville ainsi que leur taux de présence dans chaque quartier.



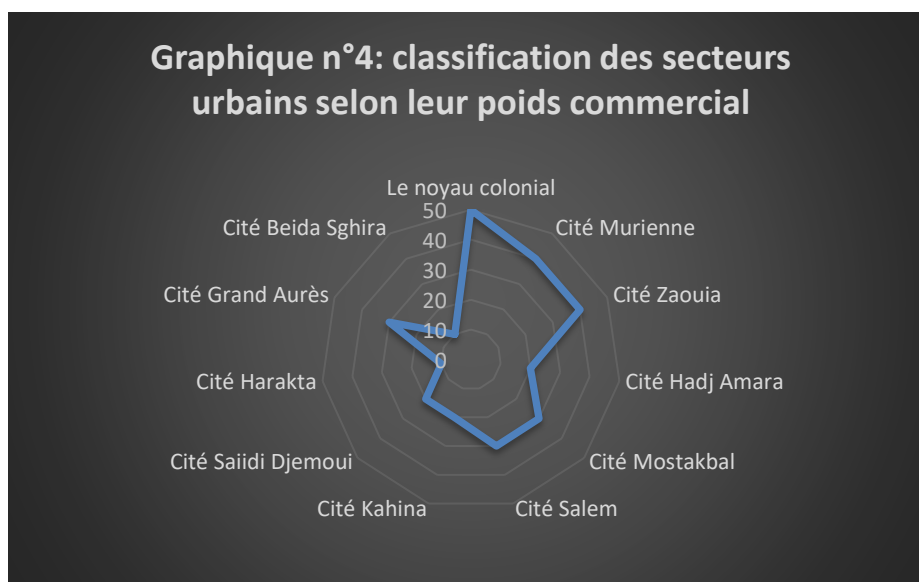
Cette figure montre que les quartiers centraux (le noyau colonial) et péricentraux (la cité Murienne, Zaouia, Hadj Amara, Essalam, puis le grand Aures et Harakta) contiennent respectivement des pourcentages élevés du commerce net (produits alimentaires, vêtements et équipement) et de service (les cabinets de médecins, les bureaux d'avocat, les bureaux d'architecture, les restaurants, les cafétérias, ..., suivis du commerce artisanal (l'orfèvrerie, la couture, la menuiserie, la soudure, ...)) en troisième classe. Cette diversité marquée dans la zone centrale et moyennement dans la zone péricentrale s'explique par la bonne accessibilité à ces quartiers, et c'est pour la même raison que certains secteurs périphériques représentent une diversité limitée de ces commerces. Quant au troisième indice qui porte sur l'attraction commerciale, nous pouvons constater que la densité et la diversité commerciales conditionnent fortement l'attraction des habitants. Le graphique n°3 présenté ci-dessous montre le niveau d'attraction des quartiers urbains pour le facteur commercial.



Cette figure nous a permis de distinguer que:

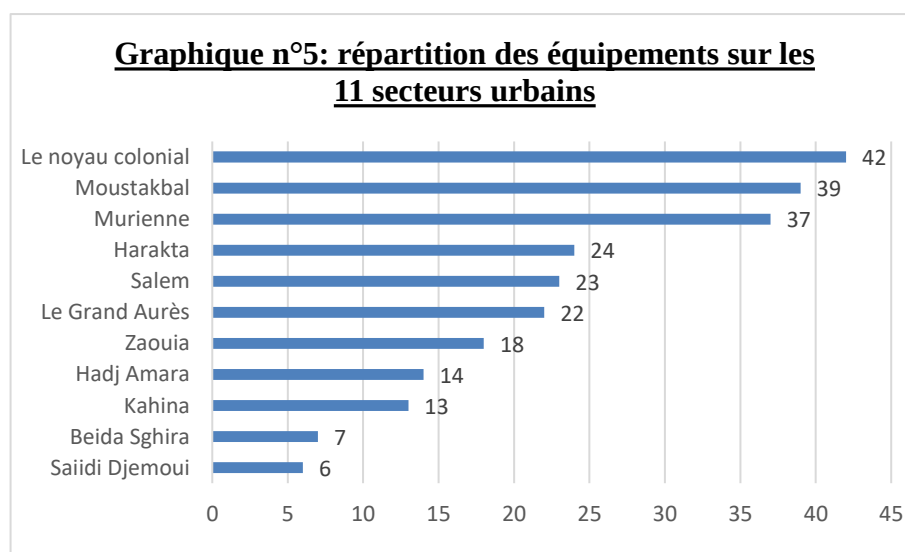
- ✓ Le secteur central représenté par le noyau colonial marque une grande attraction de la population en raison notamment de la diversité du commerce net et de service, de plus, son aspect symbolique comme ancien centre de la ville vient pour renforcer ce caractère attractif traduit par des taux élevés de fréquentation des gens.
- ✓ Les secteurs Moustakbal, Kahina et le Grand Aures occupent la deuxième catégorie du point de vue attraction commerciale et ceci à cause de l'installation du commerce artisanal nécessitant des grandes surfaces. Ce type de commerce est considéré comme réduit dans le centre colonial.
- ✓ Le reste des quartiers (Zaouia, Salem, Saiidi Djemoui, Harakta et El-Beida Sghira) notent une attraction timide qui se limite à leur population résidente notamment par l'offre des besoins de première nécessité.

La combinaison de ces trois indices permet de classer les différents secteurs de la ville à savoir leur poids commercial tel qu'il est illustré dans le graphique ci-dessous.



• Analysedu niveau d'équipements:

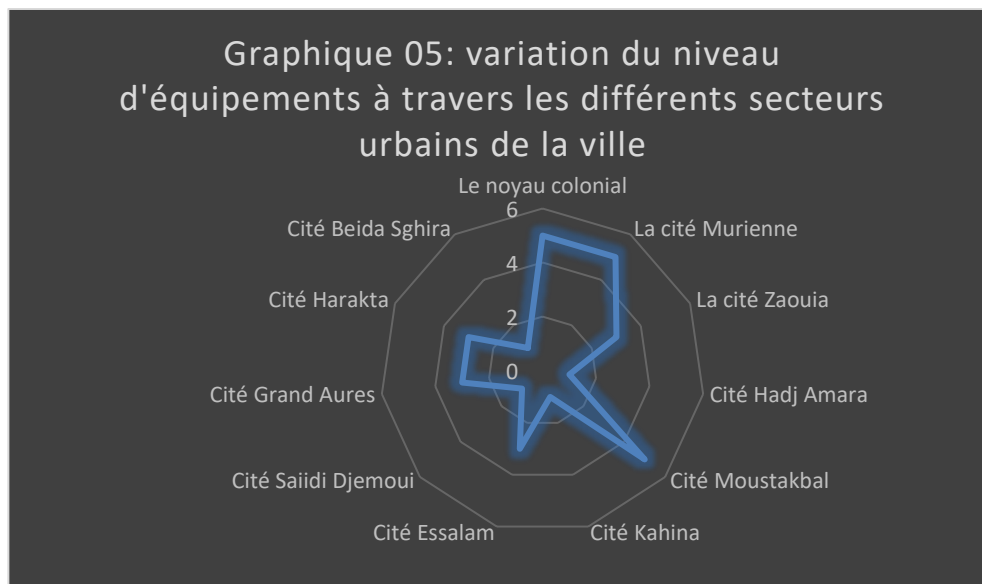
A travers ce motif, nous voulons analyser la répartition des différents équipements de la ville sur les 11 secteurs urbains tout en cherchant s'il s'agit d'une répartition équilibrée ou non. Car, Celle-ci détermine la mesure de la satisfaction des habitants quant aux services offerts par la disponibilité de ces équipements qui leur permettent de répondre à leurs besoins. La diversité de ces équipements et leur répartition dans les différents secteurs de la ville sont résumées dans le graphique récapitulatif n°5 présenté ci-dessous.



La figure ci-dessus nous permet de constater que les secteurs:

- ✓ Le noyau colonial, la cité Moustakbal et la cité Murienne respectivement disposent d'une grande diversité d'équipements de nature éducative, sportive, de loisir, ..., destiné pour la population résidente et des équipements (administratifs et économiques), destinés à servir non seulement la population locale mais aussi de ceux viennent en dehors de la ville et ceci ne peut être garanti que grâce à la bonne accessibilité qui facilite le déplacement de la population.
- ✓ Les secteurs Harakta, le Grand Aurès, Salem et Zaouia disposent seulement d'équipements de proximité qui répond aux besoins quotidiens de leurs habitants.
- ✓ Les secteurs Hadj Amara, Kahina, Saiidi Djemoui et El-Beida Sghira est marqué par un appauvrissement flagrant en matière d'équipements, même ceux classés de proximité, ce qui engendre par conséquent des mouvements de migrations de la population vers d'autres secteurs pour garantir leurs besoins.

La classification des différents secteurs selon leur niveau d'équipement est illustré par le graphique n°6 ci-dessous.



De ce qui a été présenté, nous pouvons constater que le niveau d'équipements se varie largement d'un secteur à un autre selon le nombre et la diversité de ces derniers, ainsi que selon la situation géographique du secteur et sa superficie.

#### **B- ANALYSE DES DONNEES DU QUESTIONNAIRE: LES REPRESENTATIONS DE LA QUALITE DE VIE CHEZ LES HABITANTS DE LA VILLE A TRAVERS DIFFERENTS INDICATEURS**

##### **• Analyse de la satisfaction en rapport avec l'indicateur du commerce:**

L'enquête menée a pu déceler ce qui suit:

- ✓ Parmi la totalité des personnes interrogées, une part importante d'entre eux préfèrent garantir leurs besoins concernant les produits alimentaires, les vêtements, les équipements de la maison (meubles, électroménager, ...) en s'orientant vers le centre-ville. Cette part de la population estimée par 37.38%, qui déclarent leur insatisfaction quant à ces services de première nécessité, montre que plusieurs quartiers de la ville notamment ceux périphériques ne disposent même pas des services de base, ce qui poussent les gens d'aller chercher la diversité et la qualité des produits en dehors de leurs quartiers et précisément au niveau du centre-ville.
- ✓ 37.31% des enquêtés tentent de satisfaire leurs besoins au niveau de leurs quartiers quand il s'agit des achats quotidiens et rapides comme les produits alimentaires, les légumes, les fruits, ... Ce taux faible de la satisfaction s'explique par une fréquentation qui se limite aux résidents des quartiers et de certains résidents des quartiers proches.
- ✓ 20.83% des interrogés répondent à leurs besoins du commerce en se déplaçant vers d'autres villes, où il s'agit des achats concernant les vêtements, les équipements de la maison, les produits de luxe, ... Ce taux exprime la catégorie de la population qui n'est plus satisfaite des services offerts pour le commerce.
- ✓ Le reste de la population enquêtée soit 4.48%, nombre d'entre eux ont refusé de répondre aux questions posées et d'autres ont présenté des choix variés concernant leur destination.

Pour résumer à propos du niveau de satisfaction des habitants quant aux services qui leur sont offerts dans le champ du commerce, nous pouvons dire qu'une part importante de la population n'est plus satisfaite, et que cette insatisfaction représente largement et significativement la population périphérique où leurs quartiers attestent un niveau très faible de qualité de vie et ceci en matière même des services de base.

##### **• Analyse de la satisfaction par le biais des services offerts des équipements:**

Les résultats obtenus démontrent que l'offre de service offert aux habitants en matière d'équipement se varie d'un quartier à un autre comme suit:

- ✓ 44.98% des enquêtés expriment leur insatisfaction quant aux services administratifs et financiers, cette part de la population se trouve obligé de se rendre vers d'autres quartiers situés dans la couronne centrale ou péri-centrale pour répondre à ces besoins.

- ✓ 12.59% de la population enquêtée désigne que la qualité de vie du point de vue services sanitaires est médiocre, en raison de l'absence d'équipements hospitaliers dans leurs quartiers ce qui exige d'aller les chercher ailleurs.
- ✓ 29.18% de la population totale enquêtée fréquente certains quartiers dans les zones périphériques pour satisfaire leurs besoins quant aux services sportifs, et 13.19% ont refusé de répondre.

L'analyse de la trame des différents équipements de la ville, nous a permis de conclure que ces se sont répartis dans les trois couronnes existantes: les équipements administratifs et financiers dans la zone centrale, les équipements sanitaires dans la zone péricentrale et périphérique, les équipements sportifs dans la zone périphérique. Ceci explique qu'aucun quartier n'a pas pu répondre aux besoins de ses habitants quant aux services offerts de ces équipements. Autrement dit que les quartiers qui disposent des équipements administratifs et financiers, le cas du centre-ville, sont dépourvus des équipements sanitaires et sportifs, les quartiers situés dans la zone péricentrale ne peuvent plus répondre aux besoins relatifs aux équipements sportifs et administratifs, etc. Ceci fait preuve des insatisfactions exprimées par les enquêtés plus-haut dans l'ensemble des quartiers d'étude.

- Analyse de la satisfaction envers la circulation et le transport:

L'analyse menée dans le but de connaître le taux de satisfaction de la population quant aux problèmes de circulation et les moyens de transport désigne que:

- ✓ 62% des interrogés affirment leur insatisfaction quant à la circulation et ceci au niveau du noyau colonial qui représente le cœur dynamique de la ville, où tous les flux se convergent vers ce lieu symbolique qui regroupe les activités commerciales et de services de toute nature ainsi que de multiples équipements. Ces aménités ont fait que le noyau colonial et certains quartiers péricentraux rencontrent des problèmes de stationnement et de circulation créant par conséquent des embouteillages provoquant la qualité de vie des habitants
- ✓ 27.66% de la totalité des enquêtés ont exprimé leur insatisfaction vis-à-vis de la circulation concernant certains quartiers situés dans la zone péricentrale, le cas de la cité Murienne et Saiidi Djemoui et Zaouia qui connaissent une dégradation de leur réseau routier, de plus son ancienneté qui revient à la période coloniale.
- ✓ 10.34% des enquêtés révèlent certains endroits dans différents quartiers et cela à cause du manque d'aménagement des voies et leur espaces de stationnements ce qui crée des situations de conflits quant à l'usage de la voirie et des aires qui les accompagnent.

- Analyse de la satisfaction quant aux lieux de rencontre et de détente:

L'analyse de la satisfaction des habitants quant aux espaces de rencontre et de promenade, révèle que:

- ✓ 47.66% de la population interrogée n'est plus satisfaite quant aux aménités relatives aux espaces verts de détente et de rencontre sociale, elle doit profiter de cette offre au niveau du noyau colonial en raison de la présence d'un seul jardin et d'une seule placette publique.
- ✓ 15.16% de la population enquêtée se dirige vers des espaces verts naturels au niveau de la couronne péricentrale: la forêt Sanaoubar, et la couronne périphérique: le massif forestier du Kahina,
- ✓ 29.99% de la population enquêtée évoquent des lieux situés dans la couronne périphérique, cependant, ces endroits ne sont plus aménagés, ni sécurisés, c'est ce qui représente un taux faible des citoyens qui les fréquentent.
- ✓ 7.19% de la totalité des enquêtés ne sont pas satisfaits du tout même de ces espaces qui existent, ils préfèrent sortir de la ville pour profiter de ces aménités.

#### **4 DISCUSSION DES RESULTATS**

Les résultats obtenus, à travers l'enquête menée auprès des habitants de la ville visant à déterminer leur niveau de qualité et leur degré de satisfaction concernant certaines aménités offertes par leur milieu de vie, nous ont permis de répondre à l'hypothèse émise au départ de la recherche. En effet, le questionnaire, une fois réalisé, nous a facilité la tâche quant à la compréhension des pratiques des habitants et décèler par voie de conséquence leur degré de satisfaction et leur niveau de qualité. En d'autres termes, nous pouvons dire que l'approche quantitative par le biais du questionnaire, qui vise à diagnostiquer la réalité urbaine de la ville en faisant ressortir ses atouts qui demandent d'être valorisés et ses faiblesses qui exigent d'en faire face, nous a permis de mesurer le niveau de la qualité de vie à travers l'analyse de certaines composantes du cadre de vie tout en essayant de mesurer leur satisfaction ou non satisfaction vis-à-vis de ces composantes. Donc la Qualité de Vie peut être définie dans sa dimension objective, du point de vue du Secrétariat du Conseil du Trésor du Canada, 2000, comme suit: *«la qualité de vie est considérée comme le produit de l'interaction de plusieurs facteurs (sociaux, de santé, économiques, environnementaux) qui, collectivement et par des moyens souvent inconnus, entrent en interaction pour*

finallement avoir une incidence sur le développement humain et social, au niveau des particuliers comme à celui de la société »<sup>11</sup>. Ce point de vue a été confirmé par R. A. Murdie et al, (1992) qui ont notifié qu'il est difficile de faire recours à la dimension subjective quant à l'évaluation de la Qualité de Vie des individus. A ce propos, ils ont déclaré: « *Quelles aspirations et quelles valeurs pourraient être considérées comme universelles et être généralisées à tous les membres de la société, voire à toutes les sociétés ?* »<sup>12</sup>. Cela veut dire que l'individu ne peut exprimer son bonheur et son contentement sans faire référence aux conditions de vie vis-à-vis de son milieu vécu.

Ainsi, ce que nous pouvons constater est que les conditions de vie et, entre autres, le niveau de vie conditionnent les modes de vie des citoyens et influent sur leurs pratiques spatiales et sociales. A ce propos, Christine TOBLEM-ZANIN, dans son ouvrage intitulé *La qualité de vie dans les villes françaises*, a porté son analyse sur l'approche quantitative en se basant sur les conditions matérielles de la vie qui font appel aux indicateurs objectifs qui doivent être dans la mesure de rendre compte des différentes lacunes urbaines. Pour mener son évaluation, l'auteur a opté pour trois sous-ensembles, qui sont: le cadre de vie, les conditions de vie/le niveau de vie et les modes de vie, qui restent interdépendants. Elle désigne: « *par une approche quantitative, cette définition fonctionnelle permet de hiérarchiser les conditions d'existence des urbains français et propose l'analyse des disparités interurbaines de la qualité de vie* »<sup>13</sup>.

## 5 CONCLUSION

Dans le présent travail, nous avons fait recours à une approche de concertation basée sur la participation citoyenne comme moyen pour comprendre les éléments de la qualité de vie qui sont les déterminants du processus d'analyse et des indicateurs de mesure du niveau de vie des citoyens. De telle approche nous a permis de saisir les pensées des individus, leurs comportements et leurs pratiques au sein de leur milieu de vie. Une fois les représentations et les perceptions que portent ces individus sur la qualité de vie sont comprises, ceci mène également à déceler les potentialités du cadre de vie ainsi que ses limites et ses faiblesses. Pour conclure à propos de l'hypothèse émise au départ de la recherche, nous pouvons signaler que, dans une certaine mesure, la méthode quantitative est capable de faire ressortir ce que les gens pensent, leurs réflexions et leurs jugements de valeurs dans le sens quantitatif, c'est-à-dire en répondant à la question de "Combien". Cependant, cette méthode a montré ses limites, chose qui pousse l'enquêteur d'aller chercher d'autres méthodes capables de saisir en profondeur les interactions d'un phénomène et de déceler les mécanismes sous-jacents qui le composent afin d'enrichir l'analyse du phénomène en question. Autrement dit, le diagnostic du cadre de vie urbain doit dépasser l'approche classique basée sur une simple description du phénomène, tel qu'il désigné par l'auteur de cette citation: « *il semble inapproprié de réduire un diagnostic territorial à un simple état des lieux qui recense et quantifie, sur un territoire déterminé, les éléments qui le composent. Cette approche énumérative du diagnostic territorial [...] produit une vision fragmentée incapable de donner une explication aux phénomènes observés* »<sup>14</sup>.

## REFERENCES

- [1] BAILLY Emeline, DURET Hervé, MARCHAND Dorothée, RENAULT Vincent, ROUDIL Nadine, 2015, « Proposition d'une méthodologie d'évaluation de la qualité urbaine: Eco---quartiers et qualité urbaine, qualité de vie, qualité d'être », <http://docplayer.fr/130944646-Proposition-d-une-methodeologie-d-evaluation-de-la-qualite-urbaine-eco-quartiers-et-qualite-urbaine-qualite-de-vie-qualite-d-etre.html>.
- [2] BOUCHEMAL Saleh. 2009, « Mutations socio spatiales en milieu urbain: entre citadinité et ruralité, L'exemple d'une ancienne ville coloniale française en Algérie », Cahiers de géographie du Québec Volume 53, numéro 149, p. 262, <http://www.erudit.org/fr/revues/cgq/2009-v53-n149-cgq3578/038785ar/>.
- [3] CHOUAF Hourai, 2015, « Les villes des hautes plaines face à la fabrication de nouvelles centralités périphériques », mémoire de magistère, université Oum-El-Bouaghi.
- [4] LACOMBE Bernard, 1997, « Pratique du terrain, Méthodologie et techniques d'enquête », thèse de doctorat, l'Université de Paris I- PANTHÉON - SORBONNE, p: 337.

<sup>11</sup>« Evaluation de la Qualité de vie », Travail présenté par leService de Psychologie de la Santé, Unité de Psychologie, clinique du Vieillessement, université de Liège, Academisch Centrum, Voor Huisartsgeneeskunde, université Leuven, <https://gbiomed.kuleuven.be/english/research/50000687/50000695/.../qi-08-fr.pdf>, p : 83

<sup>12</sup>TOBLEM-ZANIN Christine, 1996, « La qualité de la vie dans les villes françaises », Edition : Publication de l'université de Rouen.

<sup>13</sup>TOBLEM ZANIN Christine, op cit, p :19

<sup>14</sup>« Essentiel méthodologique : Le diagnostic territorial », <https://unt.univ-cotedazur.fr/uoh/espaces-publics-places/essentiel-methodologique-le-diagnostic-territorial/>



- [5] NGUENDo Thien Vu, 2019, « La professionnalisation des enseignants de langues étrangères vietnamiens: entre tradition et industrialisation: étude comparative entre enseignants des secteurs public et privé », thèse de doctorat, université de Caen Normandie, <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02377634/document>.
- [6] RACETTE DORJON Paul, 2016, « Les effets des pratiques touristiques sur la qualité urbaine, le cas du vieux Montréal et de San Telmo », mémoire présentée comme exigence partielle de la maîtrise en études urbaines, Université du Québec à Montréal, p: 183.
- [7] CAPELLESylvain, POULIOT Sébastien, HOTTELIER Robin, COMAZZI Manuele, « La qualité de vie: une notion relative, Diagnostic de dystopie urbaine et prospective pour l'urbanisme », [https://people.unil.ch/christophemager/files/2014/06/TP\\_6.pdf](https://people.unil.ch/christophemager/files/2014/06/TP_6.pdf).
- [8] TOBLEM ZANIN Christine, 1996, « La qualité de la vie dans les villes françaises », Edition: Publication de l'université de Rouen.
- [9] YVES Livian, 2015, « Initiation à la méthodologie de recherche en SHS: réussir son mémoire ou sa thèse ». Centre Magellan, Université Jean Moulin- Lyon 3, HAL/, p: 38, <http://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01102083> (Consulté le 24/08/2020 à 19: 36).
- [10] « Evaluation de la Qualité de vie », Travail présenté par leService de Psychologie de la Santé, Unité de Psychologie, clinique du Vieillissement, université de Liège, Academisch Centrum, Voor Huisartsgeneeskunde, université Leuven, <https://gbiomed.kuleuven.be/english/research/50000687/50000695/.../qi-08-fr.pdf>, p: 83.
- [11] « Essentiel méthodologique: Le diagnostic territorial », <https://unt.univ-cotedazur.fr/uoh/espaces-publics-places/essentiel-methodologique-le-diagnostic-territorial/>.
- [12] « Le concept de Qualité de Vie », [theses.univ-lyon2.fr/documents/ getpart.php?id=lyon2.2006.caubel\\_d&part..](https://theses.univ-lyon2.fr/documents/getpart.php?id=lyon2.2006.caubel_d&part..) p: 36.
- [13] «La complémentarité des méthodes quantitatives et qualitatives », [https://blogue.som.ca/la-complementarite-des-methodes-quantitatives et qualitatives/#: ~: text=Je%20simplifie%20en%20r%C3%A9sumant%20ainsi, narratives%20pour%20comprendre%20une%20situation.](https://blogue.som.ca/la-complementarite-des-methodes-quantitatives-et-qualitatives/#:~:text=Je%20simplifie%20en%20r%C3%A9sumant%20ainsi,narratives%20pour%20comprendre%20une%20situation.)
- [14] « Cours de méthodologie de recherche », [http://www.dphu.org/uploads/attachements/books/books\\_216\\_0.pdf](http://www.dphu.org/uploads/attachements/books/books_216_0.pdf) (Consulté le 30/08/2020 à 11: 43).
- [15] SATO, Plan d'Occupation Du Sol De la ville d'Ain Beida (2003).
- [16] PDAU, Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme de la ville d'Ain Beida (2008).

## Impact de la variation des paramètres climatiques sur la production du riz pluvial dans la région du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire)

### [ Impact of the variation of climatic parameters on rainfed rice production in the Haut-Sassandra region (Central-Western Côte d'Ivoire) ]

*Affoué Berthe Yao<sup>1</sup>, Kouao Armand Anoh<sup>1</sup>, Zilé Alex Kouadio<sup>1</sup>, Kouakou Lazare Kouassi<sup>1</sup>, Kouakou Bernard Dje<sup>2</sup>, and Kouassi Edouard Yao<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>UFR Environnement, Laboratoire des Sciences et Technologies de l'Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire, Aéronautique et Météorologique, Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2020 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** In Côte d'Ivoire rice cultivation is practiced in rainy conditions and remains sensitive to climatic uncertainties. This study is conducted to analyze the variation of climatic parameters and their impact on rice production in the high Sassandra region. The daily climatic parameters (rainfall and temperature) recorded over the period from 1976 to 2005 and the agronomic characteristics of two rice varieties (NERICA 1 and IDSA 85) were used for yield simulation using SARRA-H model. The results showed that the rainy season generally begins in March while instability is observed at the end of the rainy season (between 15 July and 9 October). Overall, the annual rainfall recorded remains potentially appropriate to meet rice water requirements. However, rice cycle shortens when the temperature rises; besides it lengthens when the photoperiod is high. Regardless of sowing date, the total requirements are essentially the same for both rice species. The best yields, 17,161 kg/ha for NERICA1 and 20,048 kg/ha for IDSA85 are obtained when sowing on 5th April. On the other hand, the date of 15th March gives the lowest yields. These results constitute a significant contribution in the redefinition of the rice agricultural calendar in the high Sassandra region.

**KEYWORDS:** Crop season, climate variability, SARRA-H, NERICA 1, IDSA 85.

**RESUME:** En Côte d'Ivoire, la culture du riz est pratiquée dans des conditions pluviales et reste sensible aux aléas climatiques. Cette étude est menée afin d'analyser la variation des paramètres climatiques et leurs incidences sur la production du riz pluvial dans la région du Haut-Sassandra. Les paramètres climatiques (pluie et température) journaliers enregistrés sur la période 1976 à 2005 et les caractéristiques agronomiques de deux variétés de riz (NERICA 1 et IDSA 85) ont été utilisés pour la simulation du rendement à l'aide du modèle SARRA-H. Les résultats ont montré que la saison des pluies s'installe généralement au mois de mars alors qu'on constate une instabilité au niveau de la fin de la saison des pluies (entre le 15 juillet et le 09 octobre). La pluviométrie annuelle enregistrée reste dans l'ensemble, potentiellement apte à satisfaire les exigences hydriques du riz. Cependant, le cycle du riz se raccourcit lorsque la température augmente alors qu'il s'allonge quand la photopériode est élevée. Quel que soit la date de semis, les besoins totaux sont sensiblement identiques pour les deux espèces de riz. Les meilleurs rendements, 17 161 kg/ha pour la variété NERICA 1 et 20 048 kg/ha pour l'IDSA 85, sont obtenus lorsque le semis est réalisé le 05 avril. Par ailleurs, la date du 15 mars donne les plus faibles rendements. Ces résultats constituent un apport non négligeable dans la redéfinition du calendrier agricole du riz dans le Haut Sassandra.

**MOTS-CLEFS:** Saison culturale, variabilité climatique, SARRA-H, NERICA 1, IDSA 85.

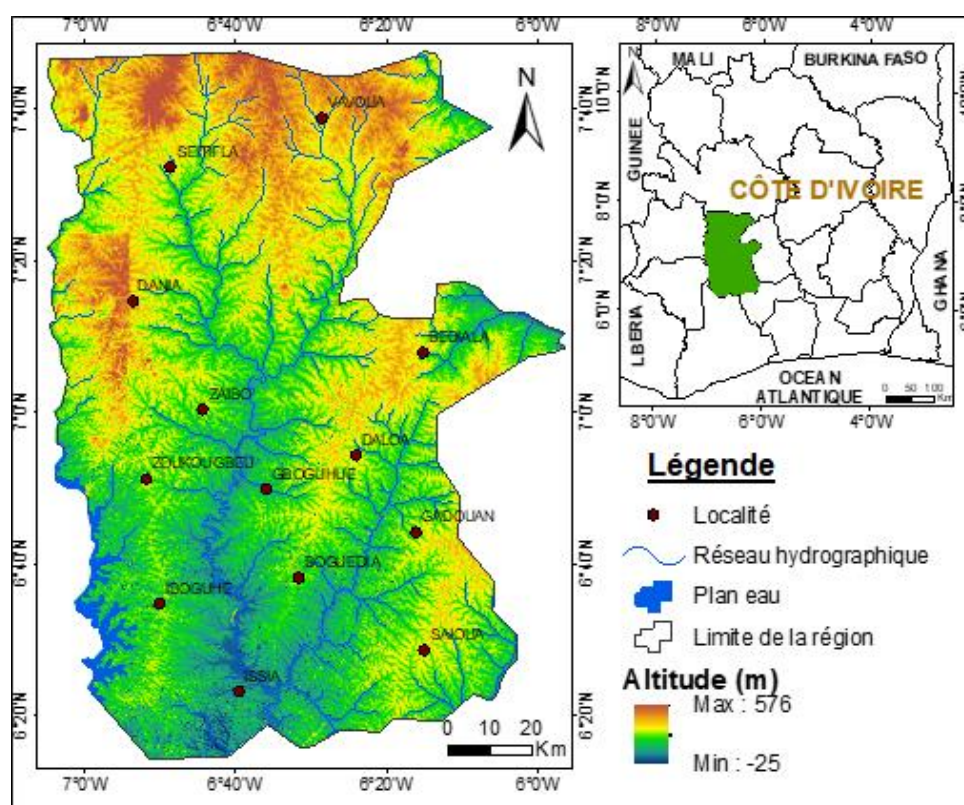
## 1 INTRODUCTION

En Côte d'Ivoire, la sécurité alimentaire repose sur une large gamme de produits vivriers locaux lui permettant de vaincre un tant soit peu la misère et la faim. La culture du riz fait partie de ces produits vivriers qui visent à assurer la diversification des habitudes alimentaires [1]. Depuis lors, le riz est devenu l'aliment principal de la population avec une consommation estimée à 1 300 000 tonnes

de riz blanchi par an, soit environ, 58 kg/an/habitant. Pourtant, le pays ne couvre qu'environ 42% de ses besoins [2]. Aussi, avec l'accroissement de la population, la consommation du riz ne fait qu'augmenter, alors que sa culture est confrontée aux aléas climatiques. En effet, les changements climatiques menacent la sécurité alimentaire en Côte d'Ivoire, avec pour corollaire la baisse des précipitations, la perturbation des saisons et la recrudescence des catastrophes naturelles (inondations ou sécheresse) de forte intensité [3], [4], [5]. Les rendements des exploitations rizicoles sont faibles du fait notamment de la faible capacité des producteurs à mettre en œuvre des pratiques agricoles adaptées. Ainsi, la réussite de cette culture pluviale est rendue incertaine; non seulement à cause des difficultés à identifier les dates de début et de fin des saisons culturales, mais aussi à cause de l'irrégularité intra saisonnière des pluies. Les erreurs d'appréciation des conditions nécessaires aux semis ou des dates de démarrage de la saison des pluies entraînent souvent de mauvaises récoltes [6]; ce qui rend les populations paysannes vulnérables et les expose davantage à l'insécurité alimentaire. Malgré les efforts déployés par les pouvoirs publics, la production nationale de riz ne parvient toujours pas à satisfaire la demande [2], [7]. Il existe plusieurs moyens pour améliorer le rendement du riz. Parmi ces moyens, le calage du cycle de culture permet d'optimiser sa production. En effet, les zonages climatiques recommandés par les études antérieures ne sont plus adaptés aux conditions climatiques actuelles [8], [9]. Dès lors, une agriculture intelligente permettant l'accroissement des rendements devrait être envisagée. La présente étude entreprend d'étudier l'impact de la variation des paramètres climatiques sur la production du riz pluvial dans la région du Haut-Sassandra. L'objectif principal est d'analyser les variations climatiques et leurs incidences sur le rendement du riz pluvial en vue d'aider à l'optimisation de sa production dans la région du Haut-Sassandra.

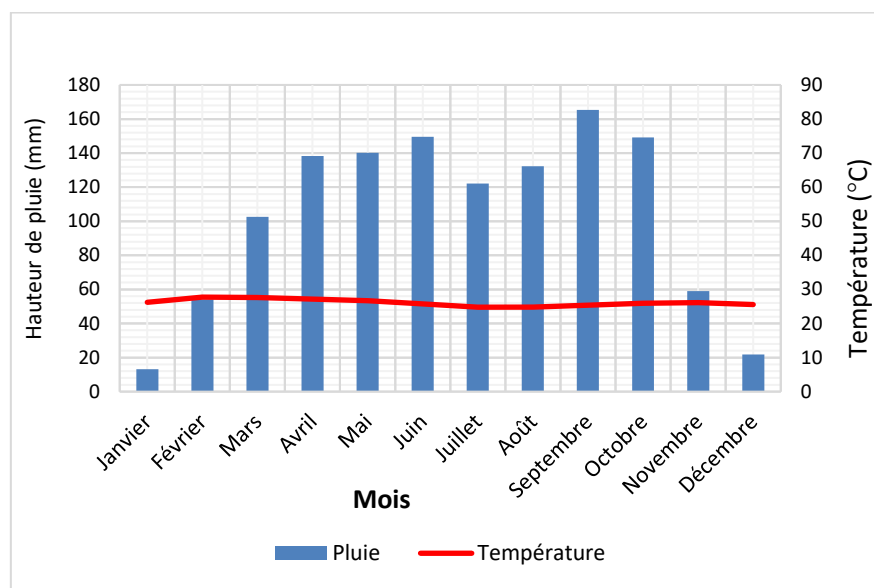
## 2 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La région du Haut-Sassandra est située au Centre-ouest de la Côte d'Ivoire; précisément entre la latitude 6°12' et 7°49' Nord et la longitude 5°55' et 7°10' Ouest (Figure 1). Cette région est drainée par le fleuve Sassandra d'où elle tire le nom « Haut-Sassandra » sur une superficie de 15 200 km<sup>2</sup>. Les principales villes rencontrées sont Daloa, Vavoua, Zoukougbeu, Issia, Gadouan, Saïoua; avec la ville de Daloa comme chef-lieu de région.



**Fig. 1. Localisation de la zone d'étude**

Au niveau climatique, la région du Haut-Sassandra est sous l'influence du climat équatorial de transition caractérisé par deux (2) saisons: une saison sèche de novembre à mars et une saison des pluies qui s'étend d'avril à octobre. Le maximum des précipitations s'observe en septembre. La pluie moyenne annuelle enregistrée à la station de Daloa est 1 235 mm sur la période 1976–2015. Les températures moyennes mensuelles varient entre 24,75°C en juillet et 27,72°C en février (Figure 2).



**Fig. 2.** Diagramme ombro-thermique de la région du Haut-Sassandra sur la période 1976- 2015

Au plan morphologique, le relief de la région du Haut Sassandra est constitué d'une péninsule de faible altitude. Dans la partie Nord est observé des dômes cristallins (300–400 m d'altitude) et au Sud, des bas-plateaux (200–300 m d'altitude) [10]. La partie Nord-ouest est une zone plus aplanie et relativement déprimée. La région du Haut-Sassandra présente donc des vallées alluviales peu encaissées qui offrent de larges bas-fonds alluvionnaires favorables aux cultures irriguées. La végétation de la région du Haut-Sassandra se compose principalement de forêt semi-décidue sur sa majeure partie et de savane forestière dans sa partie Nord. Cette végétation se caractérise par une flore très variée. Il s'agit dans l'ensemble, de formations végétales de type tropical abritant une grande variété d'essences nobles propices au bois d'œuvre (Iroko, Dabema, Bois Bété, Badi, etc.) [10]. L'occupation humaine (très forte dans cette région) a profondément modifié la végétation naturelle. Ainsi, la forêt dense semi-décidue a fait place à des zones de cultures pérennes et vivrières. Les sols de la région du Haut-Sassandra sont des sols ferralitiques d'origine granitique moyennement à faiblement dénaturés ou désaturés. Ces sols présentent de bonnes aptitudes agricoles et se prêtent à tous les types de cultures pérennes telles que le café, le cacao et aux cultures vivrières de grande consommation domestique.

### 3 DONNÉES ET MÉTHODES

#### 3.1 DONNÉES

Les données utilisées sont composées de données climatiques et agronomiques. Les données climatiques comprennent les hauteurs de pluie, les températures minimales et maximales, l'insolation, l'humidité maximale et minimale et la vitesse du vent. Ces données disponibles au pas de temps journalier ont été fournies par la Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire, Aéronautique et météorologique (SODEXAM) sur la période 1976-2015.

Les données agronomiques concernent les sites de Daloa. Ce sont les fiches techniques de deux variétés de riz pluvial; notamment, les variétés « NERICA 1 » et « IDSA 85 ». Ces fiches techniques de culture ont été fournies par l'Office National de Développement du Riz (ONDR) de Côte d'Ivoire. Leurs cycles culturaux durent respectivement 90 jours (3 mois) et 120 jours (4 mois). Aussi, leurs rendements potentiels sont respectivement de 4,8 t/ha à 3,5 t/ha.

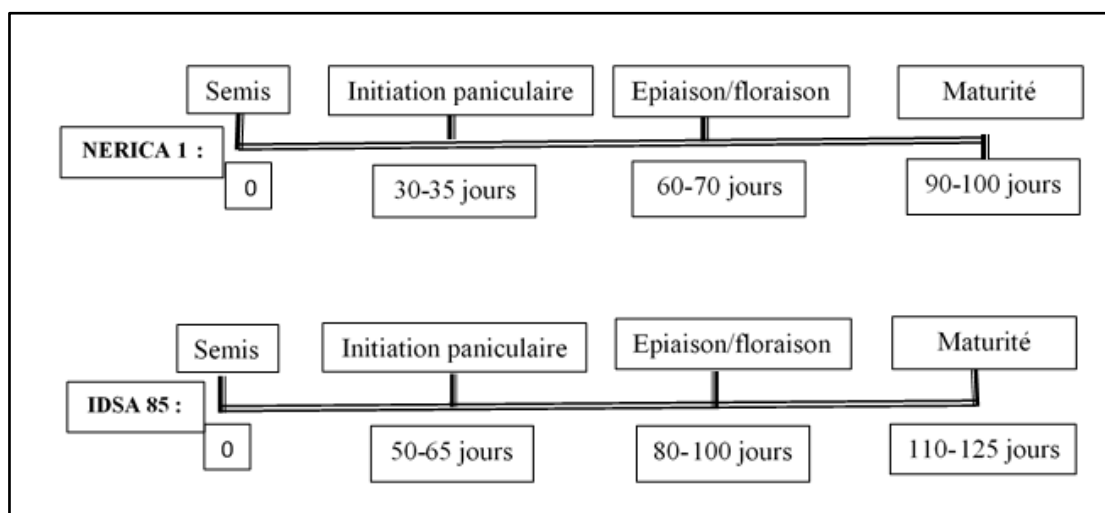


Fig. 3. Découpage des phases phénologiques des variétés de riz NERICA 1 et IDSA 85 [8]

## 3.2 MÉTHODES

### 3.2.1 DÉTERMINATION DE LA DURÉE DE LA SAISON DES PLUIES DANS LE HAUT SASSANDRA

La méthode de détermination des dates de début et de fin de la saison agricole adoptée dans cette étude est celle de Sivakumar qui a donnée des résultats satisfaisants en Afrique de l'Ouest grâce à sa facilité d'application. Cette méthode, basée sur des seuils empiriques de précipitations a été utilisée par [11] et [12]. Selon [13], le début de la grande saison agricole est défini à partir du 1<sup>er</sup> février lorsqu'on enregistre au moins 20 mm de pluie sur 3 jours consécutifs sans avoir observé d'épisode sèche supérieure à 10 jours dans les 30 jours qui suivent le semis. De même, la fin de la grande saison agricole est fixée à partir du 1<sup>er</sup> juillet lorsqu'un sol capable de contenir 70 mm d'eau disponible est complètement épuisé par une perte quotidienne d'évapotranspiration de 4 mm.

La longueur de la saison agricole a été déterminée par la différence en jours entre la fin et le début de la saison agricole. Ce traitement a été réalisé par le logiciel Instat+. Les valeurs manquantes dans les données pluviométriques ont été codées par le nombre 9999, quant au nombre 9988, il a été assigné aux valeurs manquantes des jours 29 février (Jour Julien n° 60) des années non bissextiles afin qu'ils soient reconnus et pris en compte par le logiciel.

### 3.2.2 PARAMÉTRAGE DES SÉQUENCES SÈCHES

Deux types de séquences sèches ont été paramétré dans le logiciel Instat +. Il s'agit des séquences sèches en début de saison agricole et des séquences sèches en fin de saison agricole. Les séquences sèches en début de la saison agricole représentent le nombre de jours consécutifs durant lesquels les pluies sont inférieures à un seuil de 1 mm pendant les 50 jours après la date de début de la saison agricole. Les séquences sèches en fin de la saison agricole représentent le nombre de jours consécutifs durant lesquels les pluies sont inférieures à un seuil de 1 mm vers la fin de la saison agricole; c'est-à-dire sur la période prenant en compte la phase critique d'épiaison-floraison et de maturation des cultures. En d'autres termes, ces séquences sèches en fin de saison agricole se déterminent à partir du 50<sup>ème</sup> jour après la date calculée de début de saison jusqu'à la date de saison agricole fin.

### 3.2.3 SIMULATION DU RENDEMENT DU RIZ

#### 3.2.3.1 PRÉSENTATION DU MODÈLE SARRA-H

Le modèle agronomique SARRA-H (Système d'Analyse Régionale des Risques Agroclimatiques - Habillée) Version 3.2 simule les rendements réalisables à l'échelle de la parcelle en condition d'eau limitée dans des conditions d'équilibre hydrique du sol, d'évaporation et de transpiration potentielle et réelle, de phénologie, d'assimilation du carbone et de partitionnement de la biomasse. Il est particulièrement adapté pour l'analyse de l'impact du climat sur la croissance et le rendement des céréales en milieu tropical [14], [15].

SARRA-H est un modèle déterministe simple fonctionnant au pas de temps journalier et disponible sur la plateforme Ecotrop<sup>1</sup> du Centre International de Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD). Il a été développé à partir de SARRA; le modèle de bilan hydrique utilisé par les agronomes en Afrique de l'Ouest pour le mil et le sorgho [16]. Deux autres grands axes ont par la suite été pris en compte en plus du modèle de bilan hydrique SARRA pour aboutir à SARRA-H: le bilan carboné de la plante (photosynthèse et conversion du rayonnement en biomasse) et la phénologie de la plante (succession des phases de croissance de la plante).

### 3.2.3.2 DONNÉES D'ENTRÉE DU MODÈLE

Les données d'entrées sont composées des données climatiques enregistrées sur la période 1976-2005 et des paramètres de la culture des variétés considérées.

La date de semis a été calculée par le modèle selon une méthode de seuil adaptée de la pratique paysanne qui combine des informations climatologiques et agronomiques. On notera que la culture est non irriguée et que les caractéristiques de la parcelle en présence font références à un sol de type argilo-sableux. La géométrie de semis adoptée a été de 0,20 m entre les lignes et 0,20 m entre les poquets d'une même ligne; soit une densité de 250 000 poquets par hectare. Les plants ont été démarrés à trois pieds par poquets en condition humide avant tallage; ce qui a donné un total de 750 000 plants par hectare. Les caractéristiques de la parcelle de la culture ainsi que de la pratique culturale sont présentées dans le tableau I.

**Tableau 1.** *Caractéristiques de la parcelle, des variétés de riz et de la pratique culturale*

| PARCELLE           |                                |                                    |                                        |                                                                          |                                 |
|--------------------|--------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Identifiant        | Profondeur                     | Réserve utile (RU)<br>(mm /m)      | Humidité à la capacité<br>de rétention | Humidité au point<br>flétrissement<br>(m <sup>3</sup> / m <sup>3</sup> ) | Humidité au point<br>saturation |
| Argilo-sableux     | 180 cm                         | 100                                | 0,29                                   | 0,15                                                                     | 0,58                            |
| PRATIQUE CULTURALE |                                |                                    |                                        |                                                                          |                                 |
| Identifiant        | Date de semis (date)           | Densité (pieds. ha <sup>-1</sup> ) | Seuil d'eau pour<br>semis (mm)         | Nombre jour test<br>semis-germination                                    | Irrigation                      |
| Riz-HS             | 15 mars<br>25 mars<br>05 Avril | 750 000                            | 10                                     | 20                                                                       | Sans irrigation                 |
| CULTURES           |                                |                                    |                                        |                                                                          |                                 |
| Identifiant        | SDJ levée<br>(°C)              | SDJ BVP<br>(°C)                    | SDJ RPR<br>(°C)                        | SDJ Matu1<br>(°C)                                                        | SDJ Matu2<br>(°C)               |
| NERICA_HS          | 54                             | 365                                | 402                                    | 300                                                                      | 130                             |
| IDSA_HS            | 54                             | 639                                | 385                                    | 300                                                                      | 130                             |

SDJ levée: Somme de degrés jour du semis à la germination

SDJ BVP: Somme de degrés jours de l'émergence à l'initiation paniculaire

SDJ RPR: Somme de degrés jours de l'initiation paniculaire à la floraison

SDJ Matu1: Somme de degrés jours de la floraison à la fin de remplissage des grains

SDJ Matu2: Somme de degrés jours de la fin du remplissage des grains à la maturité totale des grains

### 3.2.3.3 PARAMÉTRAGE DU MODÈLE SARRA-H

Le paramétrage du modèle SARRA-H peut être décrit en trois grandes étapes qui sont [17]: phénologie et photopériodisme, bilan hydrique et bilan carboné. Pendant le paramétrage, certaines valeurs ont subi des ajustements dans les limites des intervalles de variation définis pour le riz.

<sup>1</sup> <http://ecotrop.cirad.fr>

## PHÉNOLOGIE ET PHOTOPÉRIODE

Les phases phénologiques sont définies par des seuils de somme de températures à la limite duquel la germination et le développement de la plante est possible. Le modèle assure la gestion des différentes phases phénologiques à travers des sommes thermiques exprimés en somme degrés jours (SDJ). Pour chaque variété, il s'agit de calculer les sommes de degrés jours de chaque stade de développement (de la levée à la maturation). Ces sommes de degré jour, spécifiques à chaque variété de riz, représentent les taux de développement par unité de degré jour dans le modèle (respectivement les taux de développement du semis à la germination, de l'émergence à l'initiation paniculaire, de l'initiation paniculaire à la floraison, de la floraison à la fin de remplissage des grains et du remplissage des grains à la maturité totale des grains). Ces degrés jours calculés sont ensuite comparés et réajustés par rapport aux degrés jours simulés sur la période 1976 à 1990 de sorte à obtenir le meilleur synchronisme entre les valeurs de ces variables de croissance (phénologie). Les sommes de degré jours sont obtenues selon l'équation suivante (Eq. 1):

$$SDJ = \sum_{i=1}^n \left( \frac{T_{max} + T_{min}}{2} - T_b \right) \quad (Eq.1)$$

Où :

**n** = nombre de jours après le semis pour atteindre le stade de maturation.

**T<sub>max</sub>** = température maximale (°C);

**T<sub>min</sub>** = température minimale (°C);

**T<sub>b</sub>** = température de base = 13 °C.

Dès que le seuil défini pour une phase donnée est atteint, le modèle passe à la phase suivante. La durée de la phase sensible à la photopériode complémente celle de la phase phénologique qui devient alors variable en fonction de la date de semis et de la sensibilité de la variété au photopériodisme.

Lors de la simulation du rendement du riz à l'aide du modèle SARRA-H, les paramètres tels l'ET<sub>o</sub>, l'ET<sub>M</sub> et la photopériode sont calculés par le modèle.

L'ET<sub>o</sub> est donnée par l'équation de Penman-Monteith (Eq. 2)

$$ET_o = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 U_2)} \quad (Eq. 2)$$

Avec :

**ET<sub>o</sub>**: évapotranspiration de référence (mm/ Jour)

**R<sub>n</sub>**: radiation nette à la surface de la culture (MJ/ m<sup>2</sup>.jour)

**G**: flux de chaleur du sol (MJ/ m<sup>2</sup>.jour)

**T**: température moyenne à 2 m (°C)

**U<sub>2</sub>**: vitesse du vent mesurée à 2 m (m/s)

**(e<sub>a</sub>-e<sub>d</sub>)**: déficit pression de vapeur (Kpa)

**Δ**: pente de la courbe de tension de vapeur (Kpa/°C)

**γ**: Constante psychrométrique (Kpa/°C)

### 3.3 COEFFICIENT DU VENT (S / M)

Une fois l'ET<sub>o</sub> connu, le modèle procède au calcul de l'évapotranspiration maximale (ET<sub>M</sub>) qui est la quantité totale d'eau qui s'évapore du sol/substrat (évapotranspiration) et des plantes lorsque le sol est à son taux d'humidité naturel. ET<sub>M</sub> est déterminée par l'équation (Eq. 3) suivante:

$$ET_M = K_c \times ET_o \quad (Eq. 3)$$

Où:

**K<sub>c</sub>**: coefficient cultural

**ET<sub>o</sub>**: évapotranspiration de référence

Dans cette étude, l'ET<sub>M</sub> représente les besoins en eau de la culture du riz dans les conditions pluviales.

## BILAN HYDRIQUE ET BILAN CARBONÉ

SARRA-H simule le bilan hydrique pour évaluer le devenir de l'eau dans le système sol–plante–atmosphère sur la base d'un système de réservoirs auquel est soustrait le bilan des stocks. Au niveau des réservoirs (2 réservoirs), seuls les flux verticaux et descendants sont pris en compte. Le premier réservoir dit de surface est soumis aux processus d'évaporation tandis que le second réservoir (réservoir de profondeur) aux processus de transpiration. Les processus de transpiration et d'évaporation dépendent de la demande climatique, de la couverture foliaire du sol (LAI) et des phases phénologiques de la plante.

Le bilan carboné à travers le processus d'interception du rayonnement solaire en vue de produire de la matière sèche. Le processus de production de la matière sèche est fonction du:

- Taux de couverture foliaire
- Taux conversion de la fraction de lumière interceptée en matière sèche

### 3.3.1.1 EVALUATION DE LA PERFORMANCE DE LA SIMULATION DU RENDEMENT DU RIZ

L'évaluation de la performance du modèle imposant une comparaison entre le rendement en grain simulé et observé, la simulation du rendement du riz a été réalisée sur la période 1997 à 2005. Le choix de cette période est dicté par la disponibilité des données de rendements réellement observées. Le niveau d'accord entre les valeurs simulées et observées est évalué par l'erreur quadratique moyenne normalisée (NRMSE) (Eq. 3).

$$NRMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (oi - si)^2}{n}} / \bar{O} \times 100 \quad (\text{Eq. 3})$$

Avec :

**NRMSE**: erreurs quadratiques moyennes normalisée (en %)

**i**: numéro d'observation

**n**: nombre total d'observations

**O<sub>i</sub>**: observation *i*

**S<sub>i</sub>**: valeur simulée pour l'observation *i*

**$\bar{O}$** : moyenne des *n* valeurs observées

La calibration et la validation sont acceptées si la valeur de NRMSE est inférieure ou égale à 30% [18].

## 4 RESULTATS

### 4.1 ANALYSE DE LA DATE DE DÉMARRAGE, DE FIN ET LA LONGUEUR DE LA SAISON AGRICOLE

Le tableau 2 montre que le début de la saison culturale dans la région du Haut Sassandra se localise dans le mois de mars pour toutes les stations et prend fin entre le 15 juillet (jour Julien n°197) et le 09 octobre (jour Julien n°283). A Daloa et à Vavoua, la saison des pluies prend fin plus tôt que prévue alors qu'elle traîne jusqu'au mois d'octobre pour les localités de Pélési, Gadouan et Zoukougbeu. En effet, l'évolution des classes délimitées par les isohyètes montrent que les dates d'apparition, de la fin des saisons dépendent des hauteurs de pluies enregistrées. Pour les zones les plus arrosées (Gadouan, Pélési et Zoukougbeu), la saison des pluies tend à s'allonger. Ainsi, la longueur de la saison agricole varie de 119 à 217 jours. Sur l'ensemble des localités considérées, la plus longue saison est observée à Gadouan tandis que la plus petite se situe à Daloa.

**Tableau 2.** Variabilité des dates de début, de fin et des longueurs de la saison agricole sur la période 1976-2005

| Stations   | Dates de début | Dates de fin | Longueurs de la saison (jour) |
|------------|----------------|--------------|-------------------------------|
| Daloa      | 17 Mars        | 15 Juillet   | 119                           |
| Issia      | 09 Mars        | 30 Septembre | 205                           |
| Vavoua     | 22 Mars        | 27 Juillet   | 127                           |
| Pelezi     | 18 Mars        | 07 Octobre   | 202                           |
| Gadouan    | 06 Mars        | 09 Octobre   | 217                           |
| Zoukougbeu | 11 Mars        | 05 Octobre   | 208                           |
| Saïoua     | 07 Mars        | 24 Septembre | 201                           |



## 4.2 ANALYSE DE LA LONGUEUR DES ÉPISODES SECS

L'observation de la figure 4 montre que les séquences sèches en début de la saison des pluies (50 jours après la date de début de saison) peuvent durer 6 à 10 jours. Pour les localités de Pelezi, Daloa, Zoukougbeu et Issia, ces séquences sèches se situent entre 7 à 9 jours. Seule, la station de Vavoua a enregistré une séquence sèche de plus de 9 jours sur la période 1976-2005.

Les séquences sèches en fin de saison culturale s'étendent en moyenne sur 9 à 18 jours dans la zone d'étude. Les séquences sèches à Vavoua et Pelezi varient de 11 à 18 jours. Dans les localités de Zoukougbeu, Daloa, Saïoua, Gadouan et Issia, ces séquences sèches durent environ 9 à 11 jours.

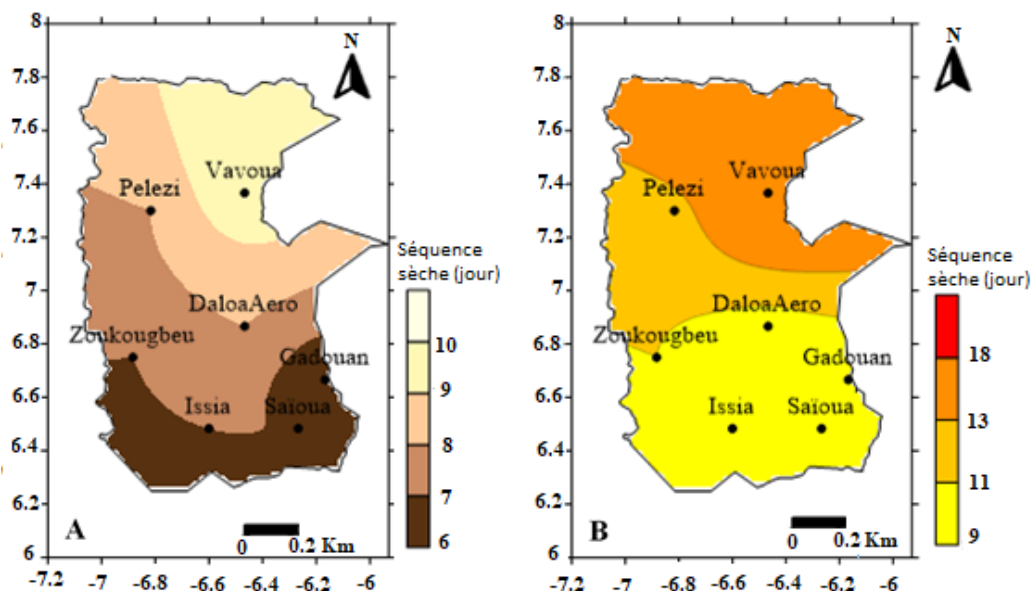


Fig. 4. Répartition des séquences sèches: A) en début et B) en fin de saison agricole sur la période 1976 à 2005

## 4.3 ANALYSE DE L'IMPACT DE LA VARIATION DES PARAMÈTRES CLIMATIQUES SUR LE RENDEMENT DU RIZ

### 4.3.1 PERFORMANCE DU MODÈLE SARRA-H

L'analyse du graphique (Figure 5) montre que le modèle surestime les rendements observés des deux variétés de riz étudiées. Néanmoins, l'écart entre les rendements simulés et observés reste inférieur à 30%. Cet écart est de 14,7% pour la variété NERICA 1 et 16,73% pour la variété IDSA 85. Ainsi, les valeurs de rendement simulées sont donc acceptables.

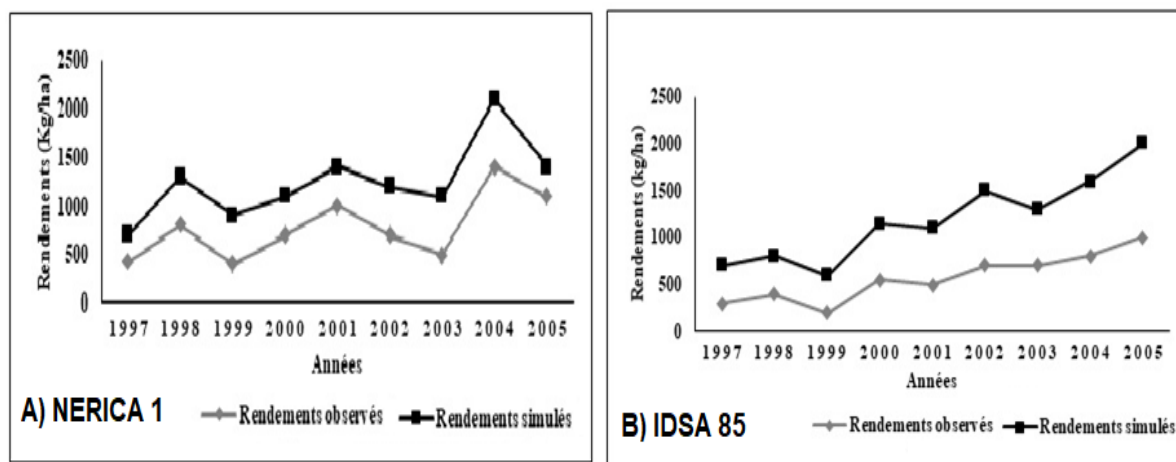


Fig. 5. Comparaison des rendements du riz observés et simulés

#### 4.3.2 IMPACTS DE LA HAUSSE DES TEMPÉRATURES SUR L'ÉVAPOTRANSPIRATION DE RÉFÉRENCE ET L'ÉVAPOTRANSPIRATION MAXIMALE

L'analyse des graphes montre que les besoins en eau des deux variétés de riz augmentent avec la température (Figure 6). A une température de 32°C, l'évapotranspiration de référence est estimée à 375 mm pour la variété NERICA 1, alors qu'elle vaut environ 450 mm pour la variété du riz IDSA 85. A cette même température, l'ETM atteint 450 et 550 mm respectivement pour les variétés NERICA 1 et IDSA 85. Ces résultats montrent que la croissance ou le rendement du riz peut être retardée en cas de stress hydrique suite à une hausse des températures.

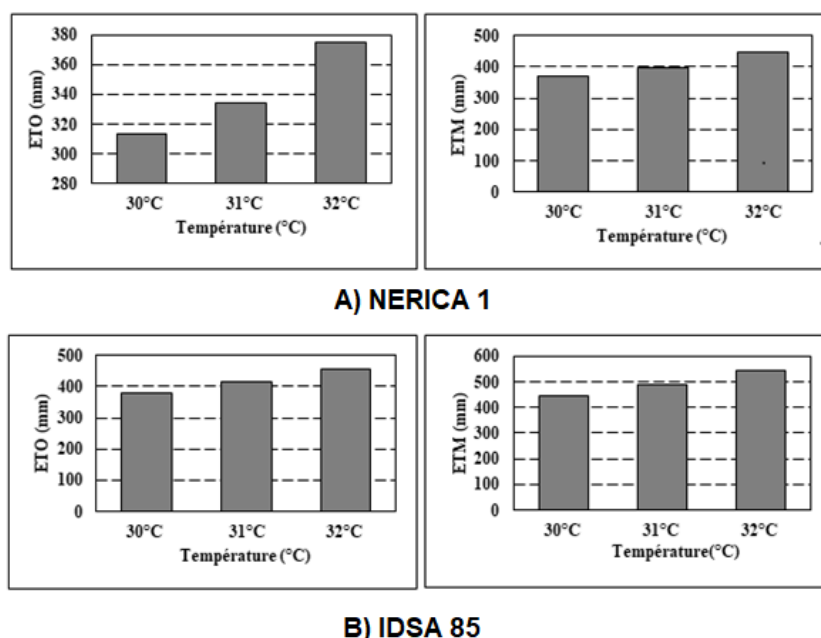


Fig. 6. Variation de l'évapotranspiration de référence (ETO) et de l'évapotranspiration maximale (ETM) du riz en fonction de la température: A) NERICA 1; B) IDSA 85

#### 4.3.3 EFFETS DE LA TEMPÉRATURE ET DE LA PHOTOPÉRIODE SUR LE DÉVELOPPEMENT DU RIZ

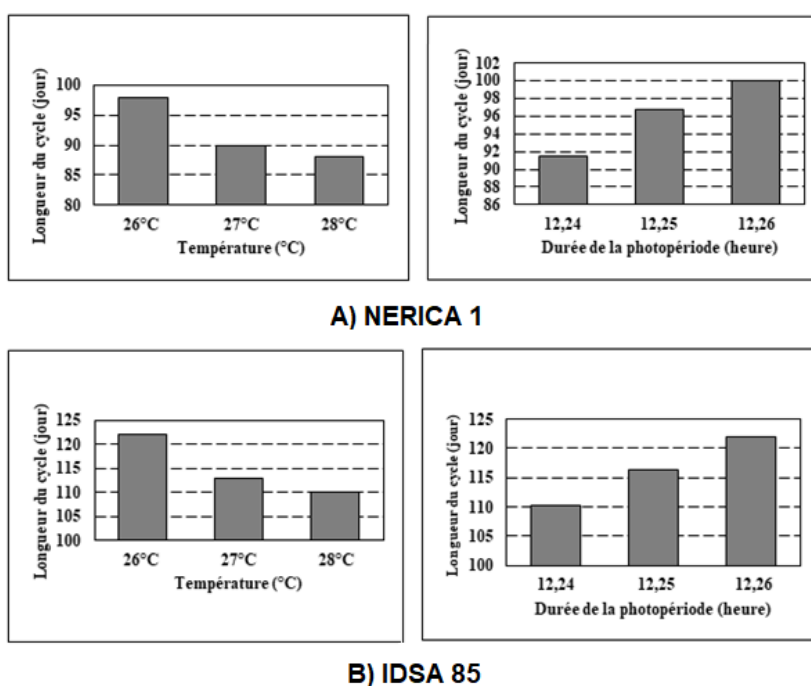
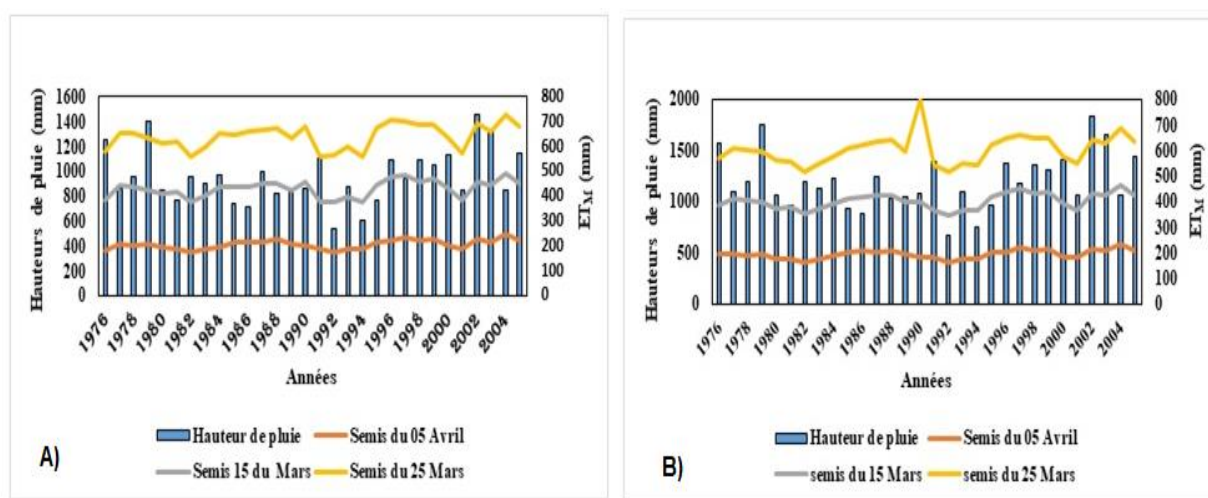


Fig. 7. Variation de la longueur du cycle des variétés de riz NERICA1 et IDSA 85 en fonction de la photopériode

L'analyse de l'évolution de la longueur du cycle du riz en fonction de la température et de la photopériode montre une variation en sens inverse (Figure 7). A des températures élevées, le cycle du riz se raccourcit quel que soit la variété du riz. Pour NERICA 1, le cycle passe de 98 jours à 26°C à 88 jours lorsque la température atteint 28°C. Ces résultats révèlent également que la température nécessaire à cycle de croissance de 90 jours de la variété NERICA 1, est en moyenne de 27°C. Contrairement à la température, une augmentation de la photopériode fait passer le cycle du riz NERICA 1 de 92 à 100 jours et de 110 à 123 jours pour la variété IDSA 85.

#### 4.3.4 IMPACT DE LA PLUVIOMÉTRIE SUR LES BESOINS EN EAU DU RIZ

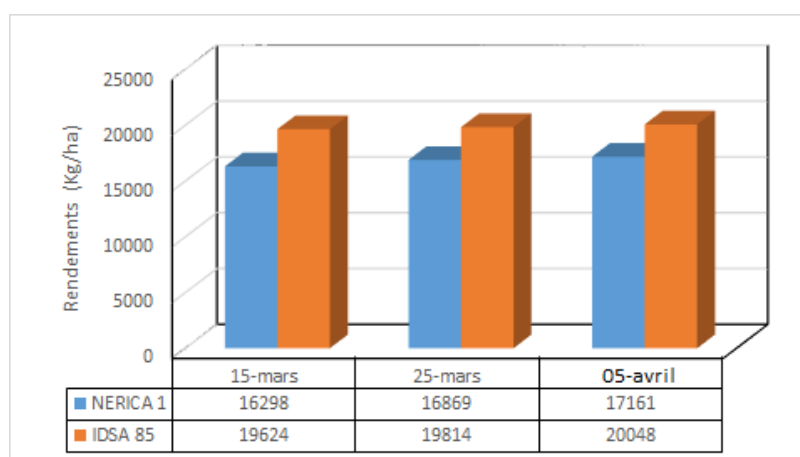
Les résultats montrent que les besoins en eau du riz varient en fonction de la date de semis (Figure 8). Les hauteurs de pluies annuelles observées sur la période 1976-2005 restent généralement supérieures à la demande en eau du riz pour les deux variétés pour les semis du 15 mars et le 05 avril. Contrairement à ces deux dates, le semis du 25 mars montre des besoins en eau plus élevés que les hauteurs pluviométriques et donc non couverts à l'exception des années 1979 et 2001.



**Fig. 8.** Variations des besoins totaux en eau du riz en fonction des hauteurs de pluie annuelles: A) NERICA1; B) IDSA 85

#### 4.3.5 VARIATION DES RENDEMENTS SIMULÉS PAR LE MODÈLE SARRA-H EN FONCTION DE LA DATE DE SEMIS

Les rendements des variétés NERICA 1 et IDSA 85 ont été simulés en fonction de trois dates de semis (Figure 9) sur la période 1976-2005. Les résultats montrent que les meilleurs rendements sont obtenus lorsque le semis est réalisé le 05 avril avec 20 048 Kg/ha pour la variété IDSA 85 et 17 161 Kg /ha pour la variété NERICA 1. Les rendements les plus faibles sont observés avec le semis du 15 mars.



**Fig. 9.** Rendements des variétés de riz NERICA 1 et IDSA 85 en fonction des dates de semis

## 5 DISCUSSION

L'examen des résultats montre que pour toutes les stations, la saison des pluies s'installe généralement au mois de mars alors qu'on constate une instabilité au niveau de la fin de la saison agricole qui se situe entre le 15 juillet et le 09 octobre. Cette saison agricole dure entre 119 et 217 jours dans la région du Haut-Sassandra. Cette instabilité de la fin de la saison des pluies nécessite une adaptation des activités agricoles car la maîtrise de la durée de la saison des pluies est très importante pour la planification des opérations culturales afin d'éviter les éventuelles pertes de récolte. Ces résultats s'accordent avec ceux de [19] qui ont montré une réduction de la longueur de la saison des pluies de 10 à 20 jours dans le Nord, de 20 à 30 jours dans le Sud intérieur et de 10 à 28 jours au Centre de la Côte d'Ivoire. Toutefois, les travaux de [20] révèlent que malgré le raccourcissement des périodes pluvieuses, l'on note que les durées actuelles demeurent supérieures à la durée du cycle des variétés de riz pluvial cultivées dans la zone étudiée. Néanmoins, des épisodes secs en début et en fin de la saison culturale existent. Ces épisodes secs varient en moyenne de 6 à 10 jours en début de saison et de 9 à 18 jours en fin de saison culturale. En effet, les épisodes secs en début ou en fin de saison culturale peuvent entraîner, comme l'a montré [21], une défaillance des tallages, un retard de la floraison, un remplissage incomplet des grains et une baisse du rendement du riz. Ces résultats ont été également mis en évidence lors des travaux menés à partir de la répartition des jours secs, des bilans hydriques et des indices pluviométriques par de nombreux auteurs qui ont montré que parmi les paramètres climatiques, les précipitations affichent la plus grande irrégularité [22], [3], [7], [23], [24]. Les travaux de [8] ont montré que cette situation compromet souvent la récolte.

La simulation du rendement du riz à l'aide du modèle SARRA-H a montré des écarts entre les rendements observés et simulés sur la période 1997 à 2005. Plusieurs facteurs peuvent expliquer les écarts entre les rendements simulés par le modèle et les rendements observés. En effet, les données d'entrée du modèle ne correspondent pas toujours aux réalités de terrain. De plus le modèle ne tient pas compte de facteurs biotiques pouvant baisser les rendements, comme les attaques de ravageurs, la pédologie ou encore les pertes au moment de la récolte. Comme les simulations effectuées considéraient que le seul facteur limitant était l'eau, il était quasiment impossible de reproduire les rendements influencés par les autres facteurs.

L'analyse de l'impact de la température sur la production du riz indique qu'à des températures élevées, les besoins en eau du riz augmentent ce qui va influencer les ressources hydriques qui réduiront la disponibilité en eau car l'évapotranspiration maximale du riz dépend essentiellement de l'évapotranspiration de référence (ET<sub>o</sub>) qui, elle-même, dépend des paramètres du climat [25]. Le cycle du riz se raccourcit lorsque la température augmente. En effet, les températures élevées représentent le facteur limitant de toute première importance car elles contrôlent l'ensemble des phénomènes métaboliques de la plante. A très haute température, les échanges entre le sol et les plantes, les fonctions physiologiques principales, l'assimilation chlorophyllienne ou photosynthèse et la respiration sont très accélérées. Ces résultats sont conformes à ceux de [26] qui ont montré les liens entre la demande climatique, le raccourcissement du cycle des cultures avec la hausse des températures.

Concernant la photopériode, le cycle du riz s'allonge quand la photopériode est élevée. L'intensité de la lumière conditionne l'activité photosynthétique. Un éclaircissement faible ou fort va inhiber la photosynthèse. La référence [27] confirme nos résultats selon lesquels le développement du riz est ralenti quand la photopériode augmente souvent au-delà de 11 heures environ par jour. L'analyse des besoins en eau à différentes dates de semis du riz a montré que ces besoins varient de 414 à 519 mm, cependant, en prenant en compte les quantités de pluies annuelles enregistrées, on retient que la région du Haut-Sassandra est potentiellement apte à satisfaire les exigences hydriques du riz.

## 6 CONCLUSION

Cette étude avait pour objectif d'analyser les impacts de la variation des paramètres climatiques sur la production du riz pluvial dans la région du Haut-Sassandra. L'examen des résultats montre que pour toutes les stations, la saison des pluies s'installe généralement au mois de mars alors qu'on constate une instabilité au niveau de la fin de la saison agricole (entre le 15 juillet et le 09 octobre). Cette saison agricole dure entre 119 et 217 jours. Des épisodes secs de 6 à 10 jours et de 9 à 18 jours peuvent apparaître respectivement en début et fin saison culturale.

A des températures élevées, le cycle du riz se raccourcit pour les deux variétés du riz étudié. Contrairement à la température, une augmentation de la photopériode fait passer le cycle du riz NERICA 1 de 92 à 100 jours et de 110 à 123 jours pour la variété IDSA 85. Les hauteurs de pluies annuelles observées sur la période 1976-2005 restent généralement supérieures à la demande en eau du riz pour les deux variétés lorsque les semis sont réalisés le 15 mars et le 05 avril. Ainsi, les meilleurs rendements sont obtenus lorsque le semis est réalisé le 05 avril avec 20 048 Kg/ha pour la variété IDSA 85 et 17 161 Kg/ha pour la variété NERICA 1.

## REFERENCES

- [1] K.T.S.U. Yeboué, "Problématique de la consommation du riz importé dans les bassins de production du riz local du centre de la Côte d'Ivoire", *Revue Ivoirienne de Géographie des Savanes*, N°7, pp. 293-311, 2019.
- [2] C. Koffi et A. K. N'Dri, "Marché et commercialisation du riz local au centre-ouest de la Côte d'Ivoire", *Agronomie Africaine*, 18, pp. 299-308, 2006.
- [3] A. M. Kouassi, K. F. Kouamé, Y. B. Koffi, K. B. Djé, J. E. Paturel et S. Oularé, "Analyse de la variabilité climatique et de ses influences sur les régimes pluviométriques saisonniers en Afrique de l'Ouest: cas du bassin versant du N'Zi (Bandama) en Côte d'Ivoire", *Cybergéo: European Journal of Geography, Environnement, Nature, Paysage*, 513, 29 p, 2010.
- [4] K. F. Epse Otchoumou, S. M. Bachir, Aké G. E., "Savané I, Djé K. B. Variabilité climatique et production du cacao en zone tropicale humide: Cas de la région de Daoukro (Centre-est de la Côte d'Ivoire)", *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol 1, N°2, pp.194-215, 2012.
- [5] B. I. Diomandé et K. F. Kouassi, "Situation pluviométrique et sécurité alimentaire dans le département de Dimbokro dans le Centre-est de la Côte d'Ivoire", *Revue de géographie du laboratoire Leïdi*, N°12, pp. 82-99, 2014.
- [6] K. P.-M. Kouakou, B. Muller, A. Fofana, A. Guisse, "Performances agronomiques de quatre variétés de riz pluvial NERICA de plateau semées à différentes dates en zone soudano-sahélienne au Sénégal", *Journal of Applied Biosciences*, 99, pp. 9382-9394, 2016.
- [7] A. M. Kouassi, N'G. J. Kouassi, K. B. Djé, K. F. Kouamé et J. Biémi, "Analyse de la durée de la saison pluvieuse à partir de la date de démarrage des pluies", *Agronomie Africaine*, 30, 2, pp. 147 – 156, 2018.
- [8] K. E Kouakou, A. Kouassi, F. W. Kouassi, B. T. A. Goula., I. Savane, "Détermination des périodes optimales de semis du riz pluvial au Centre-ouest de la Côte d'Ivoire", *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 3, No. 3, pp. 719-726, 2013.
- [9] B. T. A Goula., B. Srohourou, A. Brida, K. A. N'Zué, G. Goroza, "Determination and variability of growing seasons in Côte d'Ivoire", *International Journal of Engineering Science and Technology*, 2, 11, pp. 5993-6003, 2010.
- [10] B. C. Y. Koffié et K. S. Kra, "La région du Haut-Sassandra dans la distribution des produits vivriers agricoles en Côte d'Ivoire" *Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement*, 2, pp. 95-103, 2013.
- [11] B. Sarr, Manuel d'utilisation destiné aux ingénieurs en agrométéorologie, Centre Régional AGHYMET, Niamey, 72p, 2007.
- [12] K. E. Kouakou, A. Kouassi, A. M. Kouassi, B.T.A. Goula et I. Savané 2015. Caractérisation des contraintes pluviométriques sur le riz pluvial de 90 et 105 jours dans le Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Afrique SCIENCE*, 11 (5), 144-158.
- [13] M.V.K. Sivakumar, "Predicting rainy season potential from the onset of rains in Southern Sahelian and Sudanian climatic zones of West Africa", *Agricultural and Forest Meteorology*, 42, pp. 295-305, 1988.
- [14] C. Baron, B. Sultan, M. Balme, B. Sarr, S. B Traore, T. Lebel, S. Janicot, M. Dingkuhn. From GCM grid cell to agricultural plot: scale issues affecting modelling of climate impact. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 360 (1463), pp.2095–2108, 2005.
- [15] M. Kouressy, M. Dingkuhn, M. Vaksman, A. Clement-Vidal, J. Chantereau. "Potential contribution of dwarf and leaf longevity traits to yield improvement in photoperiod sensitive sorghum", *European Journal of Agronomy* 28, (3), pp. 195–209, 2008.
- [16] A. Samba, "les logiciels DHC de diagnostic hydrique des cultures. Prévision des rendements du mil en zones soudano-sahélienne de l'Afrique de l'Ouest". *Sécheresse*, 9, 4, 281-288, 1998.
- [17] A. Alhassane, S. B. Traore, V. Bonnal, C. Baron, SARRA-H: Modèle de simulation de la croissance des cultures, Centre Régional AGRHYMET, Niamey/Montpellier, Juin 2013.
- [18] K. P. M. Kouakou, Evaluation des possibilités de culture du riz pluvial et risques climatiques associés au Sénégal, Thèse unique de Doctorat, Production et Protection des végétaux, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal, 122 p, 2017.
- [19] K. B. Djé, Programme National Changement Climatique (PNCC): Document de Stratégie, PNCC, Cote d'Ivoire, 84 p, 2014.
- [20] D. A. Kouassi, Y. C. Brou, P.-M. K Kouakou, E.-O. Tiénébo, "Identification des risques climatiques en riziculture pluviale dans le centre de la Cote d'Ivoire", *Agronomie Africaine*, N°32 (1), pp. 1 – 14, 2020.
- [21] M. Beavogui, Impacts du changement climatique sur la culture du riz pluvial en haute guinée et proposition de stratégies d'adaptation, Centre Regional Agrhyment, Niger, 95 p, 2012.
- [22] K. E Kassin, K. Doffangui, B. Kouamé, G. Yoro, A. Assa, "Variabilité pluviométrique et perspectives pour la replantation cacaoyère dans le Centre Ouest de la Côte d'Ivoire", *Journal of Applied Biosciences*, 12: 633 – 641, 2008.
- [23] K. Amani, T. Li, T. Amadou, H. Gbakatchétché, A. Bouet, K. A. N'Zué, B. Kouamé, A. N'Guessan, B. T. A. Goula, Rainfed rice management adaptation to the increased climate variability in Côte d'Ivoire: application of ORYZA (v3) model to the bimodal areas of San-Pedro and Dimbokro, Vol. 20, No. 3, pp. 792-803, 2017.
- [24] Kouakou K.E., Kouassi A.M., Kouadio Z.A., Zoura B.J., Goula, B.T.A. Savané I. Caractérisation des saisons des pluies dans un contexte de changement climatique: Cas du bassin versant de Sassandra (Côte d'Ivoire). *Environmental and Water Sciences, Public Heath & Territorial Intelligence*, 1 (1), 01-10, 2017.
- [25] J. Doorenbos & A. H. Kassam. Réponse des rendements à l'eau, Bulletin d'irrigation et drainage, 33, Rome, Italie, FAO, 235 p, 1987.

- [26] A. A. K. Jallow, Impact de hausses des températures sur la l'agriculture au sahel: quelle implications pour l'Afrique dans les négociations sur le climat. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de master en changement climatique et développement durable, centre régional AGRHYMET (Niamey, Niger), 75 P, 2012.
- [27] M.C.S. Wopereis, T. Defoer, P. Idinoba, S. Diack, M-J Dugué, "Curriculum d'apprentissage participatif et recherche action (APRA) pour la gestion intégrée de la culture de riz de bas-fonds (GIR) en Afrique subsaharienne", Manuel technique. Le Centre du riz pour l'Afrique (ADRAO), Cotonou (Bénin), 128 p, 2008.

## **Contribution à l'étude pétrolière dans le bassin Ouest Congolien: Cas des formations géologiques affleurant aux environs de Sekelolo et de Kwilu, Snel dans la province de Kongo Central, RD Congo**

### **[ Contribution to the petroleum study in the Ouest Congolien Basin: Case of the geological formations outcropping around Sekelolo and Kwilu, SNEL, in Kongo Central province, DR Congo ]**

**David Ndumbi Katende<sup>1-2</sup>, Raïs Seki Lenzo<sup>1-3-4</sup>, Jean Pierre Kalay Kut<sup>1</sup>, Shams Mbudi Diambu<sup>1</sup>, Hugues Makima Moyikula<sup>1-4-5</sup>, Grady Kalonji Lelo<sup>1</sup>, Jeaney Lusongo Elua<sup>1-5</sup>, and Yanick Mananga Thamba<sup>1-3</sup>**

<sup>1</sup>Department d'exploration et production, Faculté de Pétrole, Gaz et Energies Nouvelles, Université de Kinshasa, Kinshasa, RD Congo

<sup>2</sup>Centre Interdisciplinaire pour le Développement et l'Education Permanente, Kinshasa, RD Congo

<sup>3</sup>Department de Géophysique internationale, Centre de recherche en géophysique, RD Congo

<sup>4</sup>Laboratoire d'Aménagement Hydraulique et Ingénierie de Production Énergétique, Université de Kinshasa, Kinshasa, RD Congo

<sup>5</sup>Centre National de Télédétection, RD Congo

---

Copyright © 2020 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 possibility of existence of viable petroleum systems in west Congolien Basin has been subject to controversies over the last decade, given the extreme Tectonical events that underwent this sedimentary basin. Some studies have reported interesting results regarding potential source rocks and the organic matter input. Here, we report the petrophysical investigation of geological formations outcropping around Sekelolo and Kwilu/Snel, of which lithological units are likely to bear fluids, thus playing the role of oil and gas reservoir. The porosity and the permeability obtained from Laboratory analyses, range within 10-15% and >250 millidarcy respectively. Petrophysical results suggest the existence of very good reservoirs, while further studies are necessary to elucidate the maturation and preservation of organic matter from secondary alteration during the evolution of the basin.

**KEYWORDS:** Petrophysical studies, Petroleum system, West Congolien.

**RESUME:** La possibilité d'existence de systèmes pétroliers viables dans le Bassin Ouest Congolien a été sujet aux controverses pendant la décennie passée, étant donné les événements tectoniques qu'a connu ce bassin sédimentaire. Quelques études ont rapporté des résultats intéressants concernant les roches mères potentielles et la matière organique impliquée. Dans cette étude, nous rapportons l'investigation pétrophysique des formations géologiques affleurant aux environs de Sekelolo et kwilu/Snel, dont les unités lithologiques sont susceptibles de contenir les fluides, par conséquent jouant le rôle de réservoir de pétrole et de gaz. La porosité et la perméabilité obtenues à partir des analyses de laboratoire, se trouve dans l'intervalle 10 à 15% et >250millidarcy respectivement. Les résultats pétrophysiques suggèrent l'existence des très bons réservoirs, cependant

les études approfondies sont nécessaires pour élucider la maturation et la préservation de la matière organique contre l'altération secondaire au cours de l'évolution du bassin.

**MOTS-CLEFS:** Etudes pétrophysiques, Système pétrolier, Ouest Congolien, Roches, Réservoir.

## 1 INTRODUCTION

Outre les ressources minières, le sous-sol de la République Démocratique du Congo regorge aussi d'un potentiel considérable en hydrocarbures. Elle dispose de trois grands bassins dont le bassin côtier, le bassin de la Cuvette Centrale et le bassin de la branche Ouest du Rift Est Africain.



**Fig. 1.** Les trois grands bassins sédimentaires de la RDC

Selon plusieurs auteurs l'Ouest-Congolien fait partie de 7 sous-bassin de la cuvette centrale mais les affleurements du Néoprotérozoïque retrouvés autour de la cuvette centrale, dans le Lindien, Katanguien ainsi que dans l'Ouest-congolien présentent leurs propres caractéristiques (Kadima et al, 2011 [1]) ce qui nous pousse à le considérer comme un bassin.

La chaîne Ouest-Congolien borde le craton du Congo à l'Ouest, elle se développe le long de la côte atlantique du Gabon à l'Angola, elle a subi des événements tectoniques intenses ainsi qu'une phase de cratonisation estimée aux environs de 2.500 Ma, suivie de la phase de l'océanisation.

Cette dernière a permis l'écartement entre le craton du Congo et celui de São Francisco (Brésil), qui jadis étaient ensemble. L'activité de ces deux marges continentales a évolué après 2.000 Ma pour produire une subduction suivie de la collision de la marge continentale active brésilienne sur la marge continentale passive congolaise étant à la base des phénomènes volcaniques intracratoniques.

Cette collision appartient à un événement tectonique panafricain avec des structures géologiques montrant une vergence Est. Aux environs de 1.000 Ma, la chaîne Ouest Congolienne a subi un phénomène de rifting (Vicat J.P., and Pouclet, A., 2000 [2]). Cette phase s'est traduite par un bombement régional au niveau de la zone axiale de ladite chaîne, par la formation de l'aulacogène du Kongo Central où s'accumulent les dépôts du Protérozoïque supérieur (les formations Ouest Congoliennes). Le rifting est suivi par la subsidence qui a été à la base des fossés d'effondrement et des horsts au niveau de la Cuvette du Congo où ces structures sont actuellement masquées par les dépôts Phanérozoïques. Ces événements marquent le début du cycle panafricain.



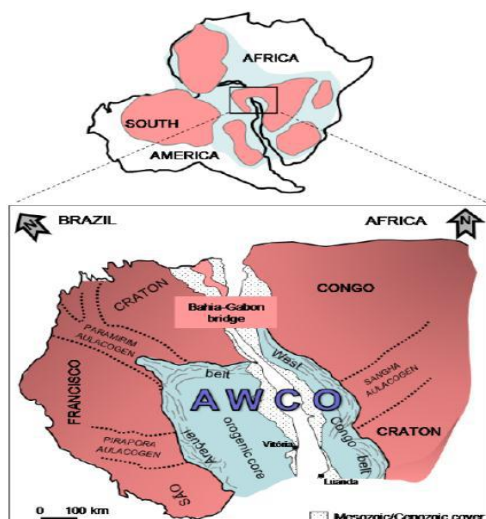


Fig. 2. Cadre géotectonique des chaînes Araçuaï et Ouest-Congo avec cratons et aulacogènes associés (Alkmim et al., 2006 [3])

Selon les récentes études menées par le MRAC et CRGM (Baudet D et al, 2013 [4]), la stratigraphie de l'Ouest - Congolien se présente de la manière suivante:

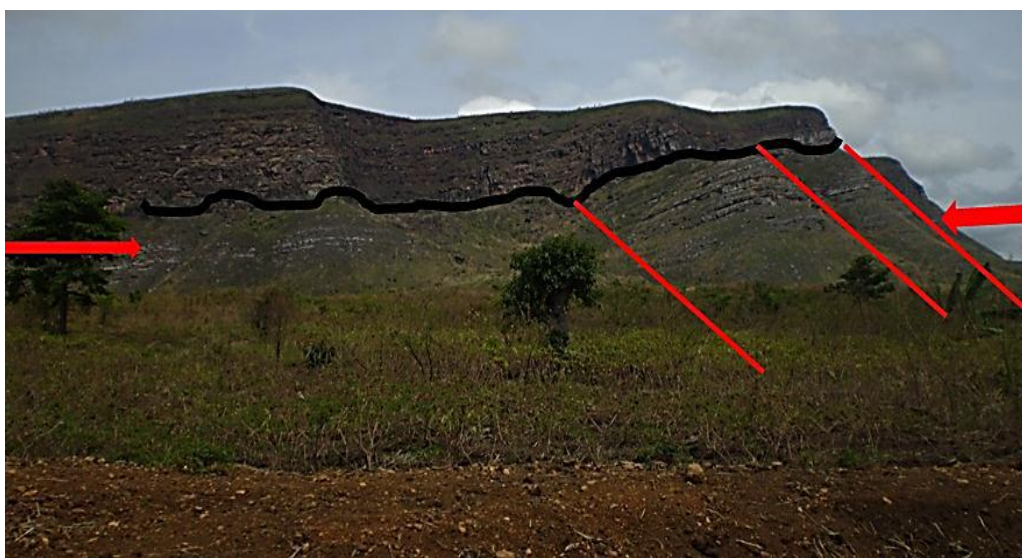
|          |                 | West Congo region              |                      |                                             |                                                                                |                                                                         |
|----------|-----------------|--------------------------------|----------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Age (ma) |                 | Group                          | Sub-Group            | Formations                                  | Lithology                                                                      | Environment                                                             |
| ~ 320    | L. Pz.          | Karoo                          |                      |                                             |                                                                                |                                                                         |
| 542      | Early Paleozoic |                                | Schisto-Gréseux      | Inkisi                                      | Red arkosic sandstones, intercalated conglomerate lenses, conglomerate at base | Foreland continental clastic, lacustrine to fluvio-deltaic (semi-jarid) |
|          |                 |                                |                      | Tectonic unconformity (Pan-African orogeny) |                                                                                |                                                                         |
| 530-550  |                 |                                |                      |                                             |                                                                                |                                                                         |
| 635      | Neoproterozoic  | Ediacaran                      | West Congolian Group | Ngandu                                      | Shales                                                                         | fluvio-deltaic                                                          |
|          |                 |                                |                      | Bangu                                       | Limestones, O.M. rich, oolitic, cherts                                         | Epi-continental lagunar to marine                                       |
|          |                 |                                |                      | Lukunga                                     | Limestones, oolites, cherts, stromatolites                                     |                                                                         |
|          |                 |                                |                      | Kwilu                                       | Limestones, dolomites, shales                                                  |                                                                         |
|          |                 |                                |                      | Upper Mixtite                               | Glacial diamictite                                                             | Marinoan glaciation                                                     |
|          |                 |                                |                      |                                             |                                                                                |                                                                         |
| 650      |                 |                                |                      |                                             |                                                                                |                                                                         |
| 710      | Cryogenian      |                                | Haut-Shiloango       | Sekelolo                                    | Shale, argillaceous limestone                                                  |                                                                         |
|          |                 |                                |                      | Bembezi                                     | Quartzites and phyllades                                                       |                                                                         |
| 750      |                 |                                |                      | Lower Mixtite                               | Glacial diamictite                                                             | Sturtian glaciation                                                     |
| 850      |                 |                                | Sansi-kwa            |                                             | Feldspathic quartzites, shales, conglomerates                                  |                                                                         |
| 1000     | Tonian          | Mayumbian Group (910 - 920 Ma) |                      |                                             |                                                                                |                                                                         |
|          |                 | Zadinian Group (920-1000 Ma)   |                      |                                             |                                                                                |                                                                         |
|          |                 | 999 ± 7 Ma Noqui granite       |                      |                                             |                                                                                |                                                                         |
|          |                 | Paleoproterozoic & Archean     |                      |                                             |                                                                                |                                                                         |

Fig. 3. Log Stratigraphique de l'Ouest-Congolien (Kadima et al., 2011 [1])

Plusieurs travaux de terrain ont été menés dans le bassin Ouest- Congolien, lesquels ont abouti à la confirmation des indices de surface à Kimpese et Mbanza Ngungu suivis du suintement des hydrocarbures observés aux environs de Kisantu dans la province du Kongo Central (Diemu T., 2015). C'est une évidence d'une formation du pétrole dans une roche mère et qu'ensuite ces hydrocarbures ont migré vers la surface (dismigration). Cependant si cette migration est arrêtée par un piège de roche imperméable, les hydrocarbures vont s'accumuler dans une roche magasin (poreuse et perméable) et vont finalement constituer un gisement potentiel. La migration se justifie essentiellement par la faible densité du pétrole ainsi que par la porosité, la perméabilité, les fissures (failles) des roches encaissantes. Pour qu'il y ait piège il faut d'abord qu'il y ait des structures appropriées (piège anticlinal par exemple).

A certains niveaux des ensembles géologiques et/ou stratigraphiques, la sédimentation réserve des possibilités de trouver des roches mères matures, des roches réservoirs et des roches couvertures potentielles. La densité des couches dans le Mont-Bangu est très importante, ce qui rend le bassin très profond dans cette zone. La situation est supposée être identique dans d'autres pays où s'étend le bassin (Diemu, 2015), sachant que les mouvements tectoniques des continents ont été gracieusement favorables dans cette région. Les contraintes compressives causées par les mouvements tectoniques panafricaines sont responsables de la déformation des affleurements et de la formation des failles dans le bassin, celles-ci mettent en évidence la possibilité d'avoir d'excellents pièges structuraux.

Lorsque la tectonique plie les couches sédimentaires qui forment un pli, il en résulte des couches poreuses surmontées d'une couche imperméable et la roche-mère est située en dessous. Le pétrole et/ou le gaz s'accumulent dans les roches poreuses du pli. Entre les failles normales ou inverses, l'accumulation du pétrole se fait dans la partie surélevée de la roche réservoir (Diemu, 2015).



**Fig. 4.    Contrainte compressive sur l'affleurement de Bangu (Plipili 2013 [5])**

D'après les travaux pré-exploratoires, le bassin étant fortement sollicité par les mouvements tectoniques, on note la présence des structures anticlinales et des failles qui peuvent jouer le rôle des pièges importants, l'existence des formations riches en matière organique (calcaire fétide de Sekelolo) et la présence des roches carbonatées suggèrent la potentialité de la présence des roches mères et des roches réservoirs tout en sachant que la roche mère se forme dans un environnement épicontinental, lagunaire à marin (Kadima et al., 2011 [1]).

Hormis ces données, peu d'entre-elles cadrent avec les objectifs de l'exploration pétrolière. De plus, aucune donnée géophysique, ni de puits n'est disponible raison pour laquelle ce bassin n'est pas valorisé auprès des compagnies pétrolières, qui ne sont attirés que par l'abondance des données pré-exploratoires.

Le présent travail a pour objectif, d'étudier les aspects pétrophysiques appropriés des formations géologiques affleurant aux environs de la station Kwilu/SNEL et de Sekelolo, et de faire une approche adéquate c'est-à-dire interpréter les résultats obtenus, avec intention d'éclairer l'opinion sur leur intérêt dans le système pétrolier de l'Ouest Congolien.

Notre secteur d'étude est situé dans le territoire de Songololo, District des Cataractes dans la Province du Kongo centrale à plus de 200 Km de la ville-province de Kinshasa. Il est compris entre 14° 15' et 14° 20' de longitude Est et entre 5° 35' et 5° 40' de latitude Sud.

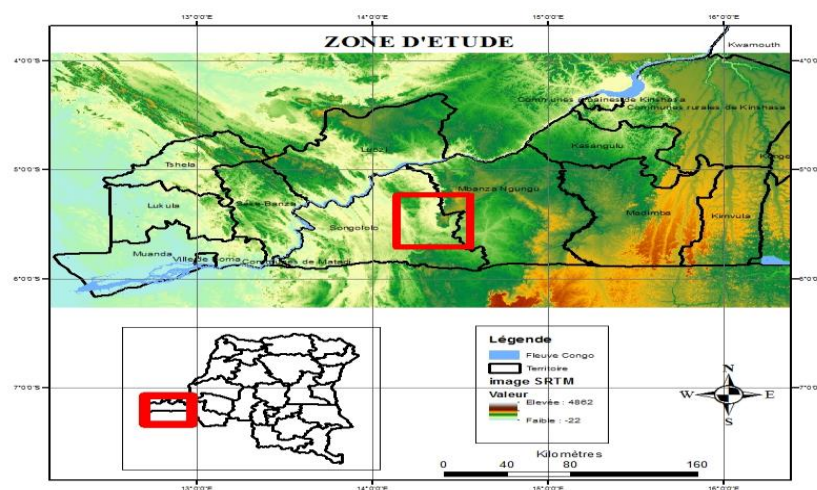


Fig. 5. Carte de localisation de la zone d'étude (MBUDI Shams, 2020)

## 2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

### 2.1 MATÉRIELS

Cette campagne de terrain a été rendu possible grâce à l'utilisation des matériels qui sont entre autres: une boussole de géologue, un marteau de géologue, une masse, un GPS, un double-décimètre, des sachets, marqueurs, couteaux, un carnet de terrain, un appareil photo numérique, des stylos, crayons, feutres, lattes, un fond topographique, une carte géologique et plusieurs autres accessoires. Nos échantillons ont fait l'objet des travaux de laboratoire qui ont consisté à l'analyse pétrographique et pétrophysique.

### 2.2 MÉTHODOLOGIE

Ce travail correspond à un parcours classique de toute recherche scientifique, pendant son élaboration, nous avons eu à consulter des ouvrages, des thèses, des mémoires, des articles relatifs aux domaines de géologie de notre secteur d'étude. Hormis cette revue de la littérature relative à ce sujet, pour avoir une idée générale sur la géologie, la topographie et la morphologie de notre site de travail, nous avons procédé à une exploration générale de toute la zone à petite échelle tout en procédant au prélèvement (à l'aide du marteau de géologue) des échantillons des différents types pétrographiques auxquels sont attribués le numéro portant les initiales des lieux géographiques et suivies d'un chiffre d'ordre marqué sur le sac en plastique pour son conditionnement.

La carte de localisation des stations d'observations et d'échantillonnage est reprise ci- dessous:

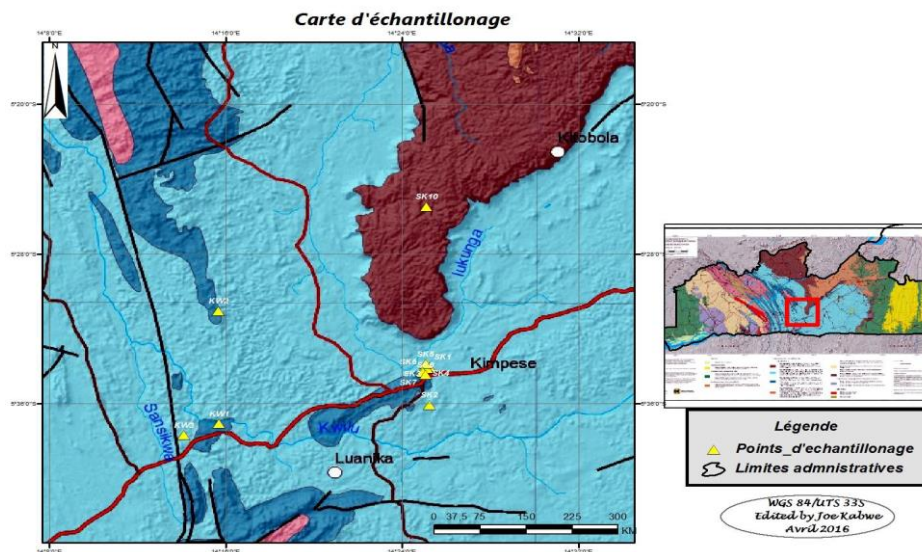


Fig. 6. Carte de localisation de la zone d'étude (KABWE Joel, 2016)

### 3 RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

#### 3.1 ETUDES PÉTROGRAPHIQUES

Dans cette partie de notre travail, nous allons essentiellement faire une étude pétrographique et structurale de notre secteur d'étude.

Les échantillons prélevés sur terrain ont été groupés en 9 faciès observés, nous permettant de faire élaborer 5 lames minces. Les échantillons portent un numéro d'identification précédé des lettres KW et SK (initiales des noms du lieux) ont été remis au centre des Recherches Géologiques et Minières pour la confection des lames minces.

##### 3.1.1 ECHANTILLON KW 01

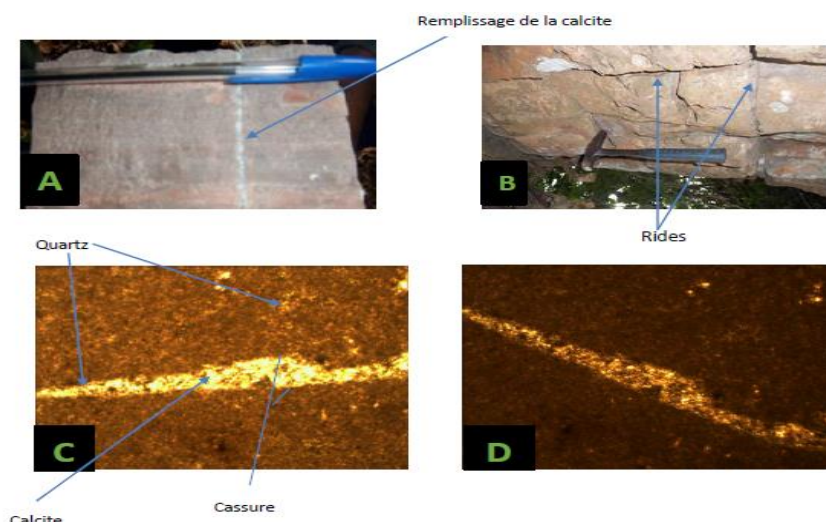
###### 3.1.1.1 DESCRIPTION MACROSCOPIQUE

Roche dure de teinte rose foncée montrant une alternance des lits roses foncés et des lits roses clairs à grains moyens et grossiers, le plan de stratification est parsemé des rides à crêtes discontinues, l'alternance des lits détermine la stratification (Figures 7 A et B). Faible effervescence avec l'HCl dilué à 10%. Les cassures sont perpendiculaires aux stratifications et on y observe le remplissage calcique.

###### 3.1.1.2 DESCRIPTION MICROSCOPIQUE

Il s'agit de la dolomie calcaireuse à matrice micritique rosâtre avec présence des minéraux de calcite bien visible et des minéraux opaques (Fig. 7 C et D). Nous remarquons également une cassure ou veine remplie des minéraux de quartz et de calcite visible.





**Fig. 7.** *Echantillon de dolomie calcareuse, (B) affleurement de dolomie calcareuse, (C) lame mince de dolomie calcareuse en lumière Naturel (LN), (D) lame mince de dolomie calcareuse en lumière polarisé (LP)*

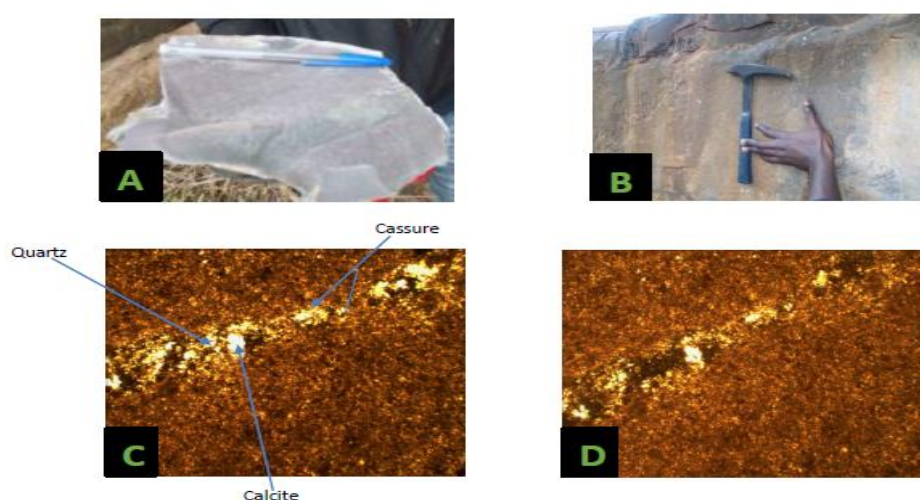
### 3.1.2 ECHANTILLON KW 02

#### 3.1.2.1 DESCRIPTION MACROSCOPIQUE

La roche présente un litage très fin pour les lits roses clairs et épais pour les lits roses foncés, les lits sont séparés par les lits fins qui ont une teinte forte par rapport aux lits épais. Le litage est légèrement ondulé et sur la surface des bancs on observe de rides d'oscillation (Figures 8 A et B). La prédominance d'une ou autre couleur détermine la stratification, effervescence avec l'HCl dilué à 10%.

#### 3.1.2.2 DESCRIPTION MICROSCOPIQUE

Il s'agit d'une dolomie calcareuse avec quelques cristaux de calcite précipitée ainsi qu'une cassure remplie des minéraux de quartz et de calcite (Fig. 8 C et D).



**Fig. 8.** *Echantillon de dolomie calcareuse, (B) affleurement de dolomie calcareuse, (C) lame mince de dolomie calcareuse en lumière Naturel (LN), (D) lame mince de dolomie calcareuse en lumière polarisé (LP)*

### 3.1.3 ECHANTILLON SK 01

#### 3.1.3.1 DESCRIPTION MACROSCOPIQUE

Une roche d'aspect chaotique grise sombre surmontée d'une roche à clastes hétérogènes, de matrice et ciment gris-verdâtre. Au-dessus, une roche de couleur rosâtre présentant des litages. On y observe des taches vertes (d'une minéralisation secondaire de cuivre). Les tectoglyphes de regard Est; une faille inverse remarquable au niveau de la diamictite (A). Forte effervescence avec l'HCl dilué à 10%.

#### 3.1.3.2 DESCRIPTION MICROSCOPIQUE

Il s'agit d'une diamictite ayant une matrice pélitique qui contient des éléments fins à grossiers. Il contient également de galets sub-arrondis témoignant un fort déplacement. On note également la présence de microsparite (Fig. 9 B et C).

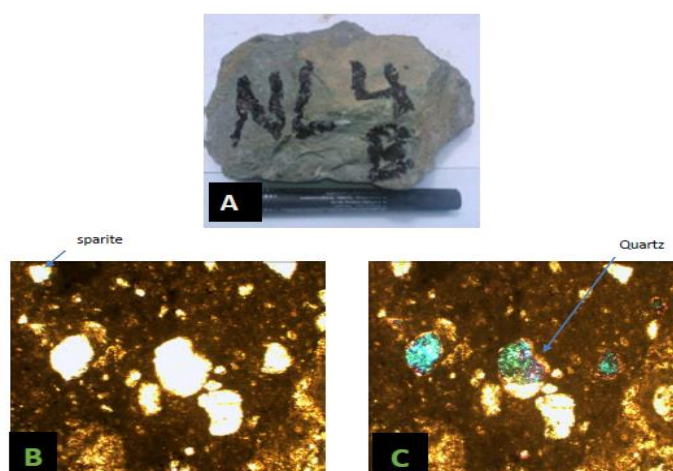


Fig. 9. A) Echantillon de diamictite supérieure (station NL2), (B) lame mince de Diamictite supérieure en lumière Naturel (NL), (C) lame mince de Diamictite supérieure en lumière polarisé (LP)

### 3.1.4 ECHANTILLON SK 02

#### 3.1.4.1 DESCRIPTION MACROSCOPIQUE

Des rides à crête discontinue, l'alternance des lits détermine la stratification (Figures 10 A et B). Les tectoglyphes de regard Est; une faille inverse remarquable au niveau de la diamictite. Des crochons de failles diverses (failles secondaires) au niveau de dolomie.

#### 3.1.4.2 DESCRIPTION MICROSCOPIQUE

Il s'agit d'une dolomie calcareuse à matrice micritique rosâtre avec présence des minéraux de calcite bien visible et des minéraux opaques (Fig. 10 C et D). Nous remarquons également une cassure ou veine remplie des minéraux de quartz et de calcite visibles.

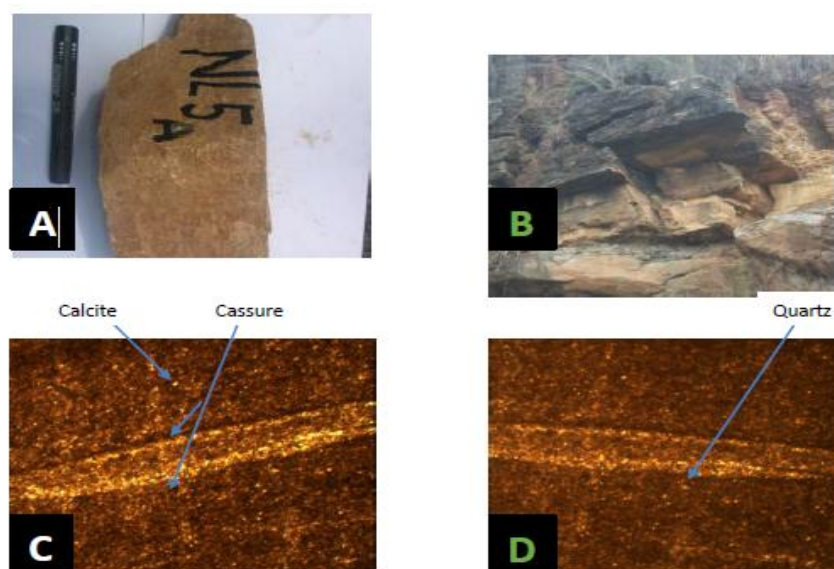


Fig. 10. (A) Echantillon de Dolomie calcareuse, (B) affleurement de Dolomie calcareuse, (C) lame mince de Dolomie calcareuse en lumière Naturel (LN), (D) lame mince de la Dolomie calcareuse en lumière polarisé (LP).

### 3.1.5 ECHANTILLON SK 03

#### 3.1.5.1 DESCRIPTION MACROSCOPIQUE

Une roche constituée des unités d'aspects chaotiques se présentant en blocs lenticulaires et à litage fruste longues de 1 à 3cm, séparées entre-elles par des lits plus sombres donnant l'aspect d'un enduit goudronné (Figures 11 A et B). C'est une roche noire massive présentant des nervures qui ne sont pas visibles à sec. Des cassures et des stylolites (non mesurés). Forte effervescence avec l'HCl dilué à 10%.

#### 3.1.5.2 DESCRIPTION MICROSCOPIQUE

Il s'agit d'un calcaire sombre à ciment micritique avec présence des microcristaux des microsparites bien visibles. Nous remarquons également une cassure ou veine remplie des minéraux de quartz et de calcite visible. (Fig. 11 C et 14 D)

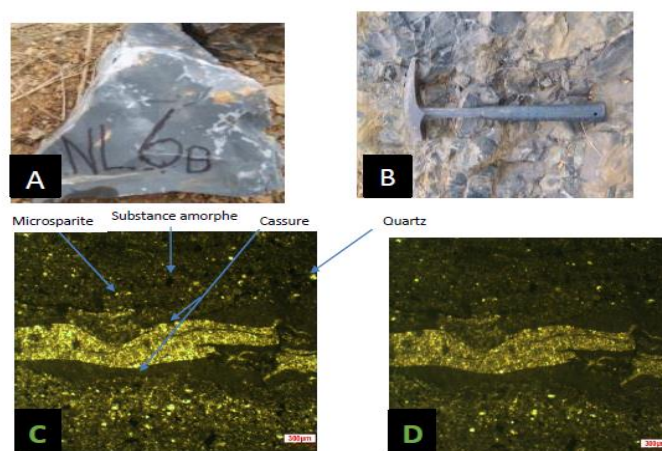


Fig. 11. Echantillon de calcaire gris, (B) affleurement de calcaire grise, (C) lame mince de calcaire gris en lumière Naturel (LN), (D) lame mince de calcaire gris en lumière polarisé (LP).

### 3.2 ETUDES PÉTROPHYSIQUES

Après la confection des lames minces au Centre des Recherches Géologiques et Minières, ces échantillons ont également fait l'objet des études pétrophysique (porosité et perméabilité).

#### 3.2.1 DETERMINATION DE LA POROSITÉ

On détermine le volume  $V$  d'un échantillon par mesures directes de ses dimensions (soit pour un échantillon cylindrique à base circulaire  $V = \pi R^2 L$ , où  $R$  est le rayon et  $L$  la longueur du cylindre). On obtient une meilleure estimation du volume en appliquant le théorème d'Archimède.

Pour cela, on place un récipient rempli d'un liquide de densité connue sur une balance, et on mesure la variation de masse que l'on obtient lorsque l'on immerge totalement l'échantillon saturé en le retenant par un fil de façon à ce qu'il ne touche pas le fond du récipient. La variation de masse obtenue est égale au volume total de l'échantillon multiplié par la densité du fluide (Salin & Martin, 1997 [6]). Pour mesurer la porosité totale, on remplit l'éprouvette graduée avec une quantité d'eau connue ( $V_i$  par ex 100 ml) et verse doucement dans le récipient fermé contenant l'échantillon de roche la quantité suffisante pour saturer celle-ci. Noter le volume restant ( $V_r$ ) dans l'éprouvette. En déduire le volume de pores ( $V_p = V_i - V_r$ ).

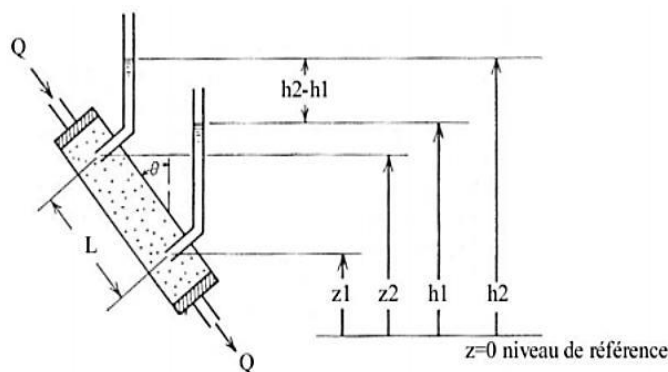
Tableau 1. Valeurs de porosité des différents échantillons étudiés

| Echantillons | Masse volumique (Hcm2) | Volume de la roche (cm3) | Volume de pores $V_p$ (cm3) | Porosité total $P_t$ ( $V_i - v_t$ ) x 100/100 |
|--------------|------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------|
| KW 01        | 2,68                   | 100 ml                   | 89,90                       | 10,10 %                                        |
| KW 02        | 2,45                   | 100 ml                   | 89,00                       | 11,00 %                                        |
| SK 01        | 2,80                   | 100 ml                   | 89,73                       | 10,27 %                                        |
| SK 03        | 2,47                   | 100 ml                   | 84,09                       | 10,91 %                                        |
| SK02         | 2,69                   | 100 ml                   | 89,91                       | 10,09 %                                        |

#### 3.2.2 DETERMINATION DE LA PERMÉABILITÉ

La loi de Darcy (1856) décrit de façon satisfaisante l'écoulement d'un fluide en milieu poreux à l'échelle macroscopique sachant que le flux hydraulique du fluide  $Q$  est proportionnel au gradient hydraulique  $\Delta h/L$  et à la section  $S$  du tube, suivant un facteur  $K$ , appelé la conductivité hydraulique.  $K$  a la dimension d'une vitesse en (m/s), et sa valeur dépend des propriétés du fluide (Freeze & Cherry 1979 [7]), nous avons utilisés la formule ci-dessous:

$$\frac{Q}{S} = K \frac{\Delta h}{L}, \text{ avec } h = z + P/\rho g$$





**Tableau 2.** Valeurs de la perméabilité des différents échantillons étudiés

| Echantillons | Résultats |
|--------------|-----------|
| KW 01        | 1456 mD   |
| KW 02        | 1352 mD   |
| SK 01        | 1248 mD   |
| SK 02        | 1352 mD   |
| SK 03        | 1352 mD   |

## 4 DISCUSSION

Les principaux résultats auxquels nous sommes parvenus peuvent se résumer de la manière suivante:

### 4.1 SUR LE PLAN PÉTROGRAPHIQUE

#### 4.1.1 LA DOLOMITE

Elle repose sur la diamictite supérieure. Partant de la taille des blocs et de particularité des lits les séparant, on peut distinguer trois unités faciologiques:

- A la base et au sommet beaucoup plus chaotique, aux petits blocs massifs très foncés de 1 à 3 cm en moyenne, séparés des petits lits très fins entrecroisés, disposés en bancs de plus ou moins 1m d'épaisseur;
- Et une unité intermédiaire, épaisse d'environ 2m; ici la taille des blocs varie de quelques décimètres.

L'aspect bréchiq est la réponse de la roche aux deux contraintes majeures sécantes, matérialisées sur le terrain par deux familles des plans des plis, et de deux failles majeures de Mbanza-Ngungu, la troisième faille, qui est inverse, observée sur la carrière de Safricas, confirme qu'il s'agit d'un contexte compressif, d'où la coexistence de trois familles des fractures mesurées sur les argilites de plateau de Bangou. Ceci implique un plissement dont le faisceau de Sekelolo occupe le coeur de l'anticlinal (Magondo, 2009). Ces observations nous donnent déjà l'idée sur le type des pièges possibles dans le bassin si la pétrographie régionale des faciès le permet.

#### 4.1.2 LE CALCAIRE GRIS

Il contient moins ou presque pas des pellets ou nodules, ce qui traduit un environnement calme (milieu protégé) de dépôt où la vie n'a pas été prospère. Il s'agit plus de quelques cristaux de microsparites et des substances amorphes sombres qui peuvent être soit des restes des matières organiques, des minéraux de néoformation (les oxydes et les carbonates) et des enduits goudronnés (des bitumes, le long des fissures). La roche étant suffisamment sollicitée par des contraintes de tous sens, elle présente des microfissures diversement orientées et qui sont visibles sur les lames minces.

La calcitisation ou la microsparitisation provient soit d'un remplacement direct de la dolomite ou des hydrocarbures par la calcite secondaire (Cojan I., et Renard M., 1999 [8]). Leur présence dans la roche traduit pour un bassin normal, que les sédiments ont atteint la profondeur de catagenèse dans le domaine de pression-dissolution. Il peut s'agir aussi du processus de sulfuration bactérienne qui assure la formation d'ions HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (Michel, 1987 [9]).

La roche observée ne montre pas la présence des intraclastes, moins encore des éléments figurés d'un environnement de haute énergie, moins de matière organique (bioclastes).

Le modèle de sédimentation est donc une rampe carbonatée d'eau peu profonde de climat chaud; étant donné que la roche est un calcaire micritique de type mudstone selon la classification de Dunham, 1962 [10] et Folk, 1959 [11]).

Les sédiments ont été déposés au moment où le niveau eustatique a été le plus bas et où il y a eu une forte concentration du sel surtout d'anhydrite, Ce paléoclimat n'a été observé qu'au Néoprotérozoïque dont la situation change vers 560Ma (Cojan I., et Renard M., 1999 [8] et Moret, 1959 [12]).

#### 4.1.3 LA DIAMICTITE

On constate que cette formation est constituée des clastes anguleux et est constituée des graviers et d'une matrice, donc elle est un paraconglomérat ou diamictite car ses clastes sont entourés de matrice et polygénique.

En ce qui concerne le transport, il se fait en suspension par un flux turbulent ou par la glace. Donc ce sont des conglomérats extraformationnels. Il faut noter que ces clastes sont très anguleux dans une matrice mal classée de 1 à 30 cm, donc le transport était relativement faible. La forme des clastes dépend de la dureté de la roche et de l'orientation des fractures. Les galets sont d'origine glaciaire car ils sont orientés et striés.

#### 4.2 SUR LE PLAN PÉTROPHYSIQUE

Au regard des résultats exprimés dans les tableaux précédents, il y a lieu à retenir que:

- Toutes les formations ont une porosité comprise entre 10 et 15%, ce qui nous pousse à dire que dans le cas où un système pétrolier existerait dans le bassin Ouest-Congolien ces trois formations seraient bel et bien des roches réservoirs car la valeur de la porosité des réservoirs pétroliers est comprise entre 5 à 40% et plus fréquemment entre 10 à 20% (Djebbar T., et al., 2004 [13]). Les facteurs sont liés directement à l'uniformité de taille des grains, du degré de cimentation ou de consolidation, du taux de compaction pendant et après la déposition;
- Ces formations ont une très bonne perméabilité car leurs valeurs sont supérieures à 250 milliDarcy (Djebbar T., et al., 2004 [13]). Et ceci nous pousse une fois de plus à confirmer que ces formations sont des roches réservoirs car selon Djebbar T., et al., 2004 [13] la perméabilité des réservoirs pétroliers sont compris entre 0.1 à 1000 milliDarcy ou plus.

**Tableau 3.** Classification de différentes valeurs de perméabilité (Djebbar T., et al., 2004 [13])

| Perméabilité   | Observations |
|----------------|--------------|
| $k < 1$        | Faible       |
| $1 < k < 10$   | Moyenne      |
| $10 < k < 50$  | Modérée      |
| $50 < k < 250$ | Bonne        |
| $k > 250$ Md   | Très bonne   |

### 5 CONCLUSION

Les résultats de nos analyses montrent effectivement que les formations qui ont fait l'objet de notre étude peuvent faire partie d'un système pétrolier actif.

Du point de vue pétrographique, nous avons décelés trois familles des roches qui sont: les calcaires, les dolomies ainsi que les conglomérats (diamictites).

Du point de vue pétrophysique, la porosité des formations étudiées est moyenne c'est-à-dire comprise entre 10 et 15 % et leur perméabilité très bonne c'est-à-dire qu'elle est supérieure à 250 milliDarcy.

La lecture de ce qui précède montre clairement que les formations mise en exergues peuvent être des réservoirs pétroliers. Bien plus, sur le plan structural, la région a été affecté par les mégastructures (failles et plissement) de la région comme l'ont souligné les travaux antérieurs. Ces formations constituent, de ce fait, des réservoirs potentiels dans le contexte d'un régime compressif, avec les failles inverses.

Les niveaux calcaire fin noir fétide peuvent être considérés comme étant des roches mères des hydrocarbures et peut donner plus des possibilités de générer les hydrocarbures mais les investigations ont démontré que la plupart des échantillons de calcaire récoltés, après analyse contenaient généralement beaucoup de fossiles et il nous a donné une fraction organique de sédiment de l'ordre 0,47% en moyenne, donc pauvre en matière organique. Mais le TOC devra être évalué en profondeur, une brèche est donc ouverte aux scientifiques pour la continuité de la recherche.

## REFERENCES

- [1] Kadima et al, "Structure and geological history of the Congo Basin: an integrated interpretation of gravity, magnetic and reflection seismic data" Basin research 21p, 2011.
- [2] Vicat J.P., and Pouclet, A., "Palaeo and Neoproterozoic granitoids and rhyolites from the West Congolian Belt (Gabon, Congo, Cabinda, North Angola): chemical composition and geotectonic implications, " Journal of African Earth Sciences, Vol. 31, N° 3, 1-20, 2000.
- [3] Alkmim et al., " Provenance and chemostratigraphy of Neoproterozoic West-Congolian group in Democratic Republic of Congo, J. Afr. Earth Sc 314p, 2006.
- [4] Baudet D et al, Carte géologique du kongo central, tuvellene, 2013.
- [5] Plipili, " The panafriquean petroleum system of the west congolian triple tectonic depression" Ministère des Hydrocarbures, RD Congo, 2013.
- [6] Salin & Martin, La mécanique des fluides. Nathan. Paris 156p, 1997.
- [7] Freeze et Cherry, Groundwater 130p, 1979.
- [8] Cojan I., et Renard M, Sédimentologie, Dunod, Paris 385p. 1999.
- [9] Michel, Some aspect of sulfate hydrocarbon reductions. In Marshdil J.D. (ed), Diagenesis of sedimentary sequences, 36 geo. Soc. London, spec. pub; 15-28, 1987.
- [10] Dunham, Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: Ham, W.E. (Ed) Classification of Carbonate Rocks, AAPG Mem. 1, 108-121. 1962.
- [11] Folk, Spectral subdivision of limestone types. In: Ham, W.E. (Ed) Classification of Carbonate Rocks, AAPG Mem. 1, 62-84. 1959.
- [12] Moret, Précis de géologies, Masson et Cie 638p. 1959.
- [13] Djebbar T., et al., Pétrophysic: theory and practice of measuring reservoir rock and fluid transport properties, gulf professional publishing 989p, 2004.

## Causes et fréquences des anémies sévères chez les enfants sous cinq ans à l'Hôpital Général de Référence de Kabinda

### [ Causes and frequencies of severe anemia in children under five at the Kabinda General Reference Hospital ]

N.B. Mukuna<sup>1</sup>, N.N. Kabyahura<sup>2</sup>, M.J.B. Kawumbu<sup>3</sup>, and L.E. Lubangi<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Département de Santé Publique, Faculté de Médecine, Université de Kabinda, Province de Lomami, RD Congo

<sup>2</sup>Département des Sciences infirmières, Faculté des Sciences de la Santé, Université Pédagogique Nationale UPN, RD Congo

<sup>3</sup>Section des sciences infirmières, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Tshofa, Province de Lomami, RD Congo

<sup>4</sup>Section des Sciences infirmières, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Lubao, Province de Lomami, RD Congo

---

Copyright © 2020 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** *Introduction:* Severe anemia is a major cause of morbidity and mortality in children. An epidemiological analysis would make it possible to estimate the related measures in order to fight effectively against their causes.

*Methods:* The present retrospective descriptive study focuses on severe anemia in children under five years from January to December 2019. Sick cell patients and children suffering from neoplasia were excluded from this study. All admissions from January to December 2019 and deaths, which met the selection criteria were listed.

*Results:* Out of a total of 2,050 hospitalized children, 413 were admitted for severe anemia (20.1%), and 15.7% of deaths, i.e., a specific mortality of 31.6 p. 1000. Regarding the cause of severe anemia, malaria remains predominant in both sexes with 61.1% / 188 girls, respectively; and 52.9% / 225 boys. The study notes that anemia is much more common in the 2 – 5 years age group - 47.2%. At 88% of these children the outcome was favorable in their sex, also when the child lived in downtown Kabinda, ie 89.1%; also for the 2 - 5 year bracket, i.e. 90.3%.

*Conclusion:* The implementation of the policy of free antimalarial drugs, the use of mosquito nets and awareness raising on basic hygiene measures must be effective. Strengthening these measures at the onset of the rainy seasons would prevent outbreaks of anemia.

**KEYWORDS:** Severe anemias, causes and frequencies of anemia, Anemia in Kabinda.

**RESUME:** *Introduction:* Les anémies sévères constituent un des motifs important de morbidité et de mortalité des enfants. Une analyse épidémiologique permettrait d'estimer les mesures y relatives afin de lutter efficacement contre leurs causes.

*Méthodes:* La présente étude descriptive rétrospective porte sur les anémies sévères chez les enfants sous cinq ans à partir de janvier à décembre 2019. Les drépanocytaires et les enfants souffrants de néoplasie étaient exclus de cette étude. Toutes les admissions de janvier à décembre 2019 et les décès, qui répondaient aux critères de sélection ont été répertoriés.

*Résultats:* Sur un total de 2050 enfants hospitalisés, 413 étaient admis pour anémie sévère (20,1 %), et 15,7 % des décès, soit une mortalité spécifique de 31,6 p. 1000. S'agissant de la cause de l'anémie sévère, le paludisme reste prédominant dans les deux sexes avec respectivement 61,1 % / 188 filles; et 52,9 % / 225 garçons. L'étude note que l'anémie est beaucoup plus fréquente à la tranche de 2 – 5 ans soit 47,2 %. A 88 % de ces enfants l'issue était favorable dans les deux sexes; aussi lorsque l'enfant habitait le centre-ville de Kabinda soit 89,1 %; également pour la tranche de 2 – 5 ans soit 90,3 %.

**Conclusion:** La mise en œuvre de la politique de gratuité des antipaludiques, l'utilisation des moustiquaires et la sensibilisation sur les mesures d'hygiène de base doivent être effectives. Le renforcement de ces mesures dès le début des saisons pluvieuses préviendrait les flambées d'anémies.

**MOTS-CLEFS:** Anémies sévères, causes et fréquences des anémies, Anémies à Kabinda.

## **1 INTRODUCTION**

Dans les pays à ressources limitées, l'anémie sévère représente un risque important de mortalité [1]. Elle est associée à un taux d'occupation important des lits d'hôpitaux. Les anémies sévères sont une urgence médicale qui impose dans la majorité des cas des transfusions dont les taux les plus élevés se retrouvent en Afrique subsaharienne. Le taux de transfusion pouvait atteindre 70 % à 85,7% dans certains pays d'Afrique il y a une décennie. C'est le cas du Cameroun et au Kenya [2]. La charge de l'anémie palustre estimée en termes de DALYs (disability-adjusted life year) est très importante en Afrique où la mortalité est très élevée chez les enfants [2].

Si les problèmes d'anémie ne sont pas suffisamment pris en compte dans le programme de survie des enfants, il sera difficile que l'Objectif de Développement Durable (ODD) 3 soit atteint dans certaines zones de santé. Les causes sont multiples allant des infections aux déficits enzymatiques (G6PD) et en micronutriments, en passant par les parasitoses intestinales [1]. La situation est aggravée par le contexte d'infection au VIH. En effet le VIH contribue pour 45% de décès d'enfants ayant une anémie sévère [2]. D'après plusieurs études, le paludisme figure parmi les principales causes dans les zones d'hyper endémicité. L'anémie sévère fait partie des 15 critères de gravité du paludisme formulés par l'OMS [3]. Avec ou sans fièvre, les enfants ayant l'anémie modérée ou sévère se recrutent surtout parmi ceux chez qui la parasitémie est importante, par rapport aux enfants exempts du plasmodium.

En Tanzanie, la décroissance du nombre de cas de paludisme était parallèle au déclin du taux d'anémie sévère. Elle représentait 17% des hospitalisations chez les patients traités pour paludisme [4]. Les anémies sévères sont la conséquence d'un défaut de prise en charge correcte des cas simples de paludisme. Le risque de développer les signes de gravité telles que définis par l'OMS pour un paludisme non traité varient de 30 à 80% [5]. Le mécanisme physiopathologique est la destruction des érythrocytes ou la dysérythropoïèse associée à certains facteurs étiologiques [6]. Une politique en faveur de la supplémentation en fer, le contrôle du paludisme permettrait de réduire l'incidence des anémies sévères et probablement les décès [7]. A ceci il faut ajouter l'amélioration de l'accès aux soins de qualité en général. Nous rapportons dans cet article les causes et la fréquence des anémies sévères enregistrées à l'Hôpital Général de Référence de Kabinda (HGRK) durant la période du 01/01 au 31/12/2019.

## **2 METHODES**

Une étude descriptive rétrospective a porté sur les registres des services des urgences et d'hospitalisations couvrant la période du premier Janvier au trente Décembre 2019 à l'HGRK. Cette formation sanitaire de référence est située dans le chef-lieu de la province de Lomami (Kabinda) en République Démocratique du Congo. Elle reçoit en majorité les populations de la ville de Kabinda mais aussi des patients référés des structures sanitaires de petites agglomérations environnantes et d'autres zones de santé avoisinantes. Nous avons inclus dans cette étude tous les dossiers d'enfants reçus au cours de la période sus-indiquée âgés de 0 à 5 ans et chez lesquels un diagnostic d'anémie sévère avait été posé.

Au sein de l'HGRK, on parle d'anémie sévère chez un enfant appartenant à la tranche d'âge retenue lorsqu'il présente soit un taux d'hémoglobine < 15%. Il peut également s'agir d'un cas dont le taux d'hémoglobine est compris entre 5 et 6 g/dl mais, chez qui on observe les signes cliniques d'intolérance notamment, la détresse respiratoire et/ou la tachycardie. Le paludisme grave est évoqué devant tout cas d'anémie sévère en contexte de fièvre survenue dans les 48 à 72 heures en l'absence de foyer infectieux bactérien évident. Dans la présente étude, les drépanocytaires et les patients souffrant des affections néoplasiques n'ont pas été inclus en raison de la conjonction de plusieurs facteurs à l'origine de l'anémie chez cette catégorie de patients. Les données collectées à partir des registres concernaient l'âge, le sexe, le statut vital de l'enfant à la sortie et le milieu de provenance. Les données manquantes étaient extraites des dossiers médicaux. Nous nous sommes également intéressés au nombre total de patients admis et de décès totaux enregistrés à la même période et qui répondaient aux critères ci-dessus.

Les paramètres analysés portaient sur les données sociodémographiques, la fréquence mensuelle des cas, le diagnostic étiologique probable, la durée d'hospitalisation et l'issue des malades. Les données ont été analysées à l'aide du logiciel Epi

info 2002, Version 2, January 30, 2003. L'étude a été approuvée sur les aspects scientifiques et éthiques par le comité biomédical de l'HGRK ainsi que par le comité scientifique désigné à l'Université de Kabinda.

### 3 RESULTATS

Les résultats de cette étude sont focalisés essentiellement sur la cause de l'anémie, les caractéristiques sociodémographiques des enfants (le sexe l'âge, le milieu de provenance) d'une part et l'évolution de l'enfant en hospitalisation (favorable, décédé, sortie sous condition et transférer) d'autres part.

S'agissant de la cause de l'anémie, le paludisme reste prédominant dans les deux sexes avec respectivement 61,1 % pour le sexe féminin et 52,9 % pour le sexe masculin. Par ailleurs nous avons noté que les enfants garçons anémiques étaient proportionnellement majoritaires que les filles avec des fréquences de l'ordre de 54,4 % et 45,6 % sur l'ensemble de l'échantillon. Le tableau n° 1 présente les fréquences des enfants anémiques sévères selon la cause et le sexe.

**Tableau 1.** Répartition des anémies sévères selon la cause et le sexe

| Causes                          | Sexe             |                   |                |
|---------------------------------|------------------|-------------------|----------------|
|                                 | Féminin (N= 188) | Masculin (N= 225) | Total (N= 413) |
|                                 | n (%)            | n (%)             | n (%)          |
| Gastroentérite                  | 11 (5,9)         | 18 (8)            | 29 (7)         |
| Infections respiratoires aiguës | 39 (20,7)        | 57 (25,3)         | 96 (23,2)      |
| Malnutrition                    | 17 (9)           | 20 (8,9)          | 37 (9)         |
| Méningite                       | 6 (3,1)          | 11 (4,9)          | 17 (4,1)       |
| Paludisme                       | 115 (61,1)       | 119 (52,9)        | 234 (56,7)     |

Source: Enquête sur terrain.

Les deux sexes des enfants qui avaient présenté une anémie sévère ont été regroupés dans trois tranches d'âges. L'étude note que la tranche des enfants de 2 – 5 ans avait des proportions supérieures comparativement aux deux premières tranches soit 47,1 % - 47,3 %. Les résultats au tableau n° 2 se rapportent à ces fréquences.

**Tableau 2.** Répartition des anémies sévères selon le sexe et la tranche d'âge

| Groupes d'âge (ans) | Sexe            |                   |                |
|---------------------|-----------------|-------------------|----------------|
|                     | Féminin (N=188) | Masculin (N= 225) | Total (N= 413) |
|                     | n (%)           | n (%)             | n (%)          |
| 0-1                 | 43 (23,0)       | 50 (22,0)         | 93 (22,6)      |
| 1-2                 | 56 (29,2)       | 69 (30,8)         | 125 (30,2)     |
| 2-5                 | 89 (47,3)       | 106 (47,1)        | 195 (47,2)     |

Source: Enquête sur terrain.

Les données relatives à l'évolution des enfants anémiques sévères avaient montré des fréquences suivantes:

En ce qui concerne une sortie favorable, les deux sexes étaient presque égalitaires à 88 %. Quant au milieu de provenance, le résultat favorable était beaucoup observé chez ceux qui habitait le centre-ville de Kabinda avec 89,1 %. Cette fréquence était également majoritaire chez les enfants de 2 – 5 ans en raison de 90,3 %.

Cette étude présente des taux diversifiés de mortalité infantile liée à l'anémie sévère. Ce taux est de 27,2 % chez les enfants habitants en dehors de la ville de Kabinda comparativement à ceux qui habitent le centre-ville de Kabinda. Il est de 5,4 % chez les enfants de moins d'une année par rapport à d'autres tranches; et de 4,8 % pour les enfants de sexe masculin que le sexe féminin.

Les sorties exigée étaient beaucoup constater chez les patients qui habitaient en dehors de la ville de Kabinda soit 6,8 %; suivi des enfants de moins d'une année 6,5 %; enfin chez les enfants de sexe masculin 6,2 %.

Quant aux transferts ils ont été réalisés dans l'ensemble à des faibles pourcentages qui varient de 0 à 2,1%. Le tableau ci-dessous présente le résultat relatif à l'évolution des patients avec anémie sévère et leurs caractéristiques.

Tableau 3. Caractéristiques des patients pour anémie sévère et leur évolution

| Variables<br>n (%)          | Favorable<br>n (%) | DCD<br>n (%) | Sortie exigée<br>n (%) | Transféré<br>n (%) | Total     |
|-----------------------------|--------------------|--------------|------------------------|--------------------|-----------|
| <b>Sexe</b>                 |                    |              |                        |                    |           |
| Masculin                    | 198 (88)           | 11 (4,8)     | 14 (6,2)               | 2 (0,8)            | 225 (100) |
| Féminin                     | 167 (88,8)         | 7 (3,8)      | 10 (5,3)               | 4 (2,1)            | 188 (100) |
| <b>Milieu de provenance</b> |                    |              |                        |                    |           |
| Kabinda                     | 329 (89,1)         | 16 (4,3)     | 21 (5,7)               | 3 (0,9)            | 369 (100) |
| Hors de Kabinda             | 29 (66)            | 12 (27,2)    | 3 (6,8)                | 0                  | 44 (100)  |
| <b>Age en classes</b>       |                    |              |                        |                    |           |
| 0-1                         | 80 (86)            | 5 (5,4)      | 6 (6,5)                | 2 (2,1)            | 93 (100)  |
| 1-2                         | 110 (88)           | 6 (4,8)      | 7 (5,6)                | 2 (1,6)            | 125 (100) |
| 2-5                         | 176 (90,3)         | 8 (4,1)      | 10 (5,1)               | 1 (0,5)            | 195 (100) |

Source: Enquête sur terrain.

#### 4 DISCUSSION

L'anémie sévère est l'une des principales causes de consultations pédiatriques à l'HGRK. Sur un total de 2050 enfants enregistrés, 413 étaient admis pour anémie sévère (20,1 %), et contribue pour 15,7 % des décès en l'an 2019. Le pourcentage spécifique de décès lié à l'anémie sévère est d'une grande importance car il s'approche de la tendance globale de décès infantile selon l'EDS-RDC [8]. Nos résultats montrent que, les anémies demeurent un problème de santé majeur. Bien que la tendance générale des décès est en baisse, celle des anémies sévères reste constante et les décès y relatifs sont en hausse. Cette situation est observée en dépit de l'existence des programmes susceptibles de couvrir l'essentiel des problèmes de santé des enfants.

L'analyse des données sur les anémies sévères et leurs causes montre dans l'ensemble 56,7 % de cas issus principalement de paludisme. Ce résultat permet de conclure en référence à l'année 2019, qu'il y aurait un relâchement dans la mise en œuvre des interventions en matière de lutte contre les principales causes de l'anémie et les décès y relatifs. Cette majorité des anémies dues au paludisme trouve son explication par l'indice plasmodial endémique qui caractérise la ville de Kabinda en particulier et toute la RDC en général. C'est ainsi que l'augmentation du taux de fréquentation de l'HGRK précisément en pédiatrie s'est faite avec les cas d'anémie sévère.

Vue la position stratégique actuelle de cet HGRK et son statut d'hôpital provincial de référence, les anémies sévères y sont référées préférentiellement par d'autres formations sanitaires. En outre, d'autres facteurs tels que l'accessibilité géographique, financière, médicamenteuse ainsi que la préférence des parents auraient influencé l'utilisation de cet hôpital.

Abordant dans le même sens que cette étude, NGUEFACKF., et col., [6], soulignent que les causes des anémies sévères sont multifactorielles dans les pays en voie de développement, et le paludisme occupe une place de choix.

Dans le même ordre d'idée, plusieurs autres chercheurs ont incriminé le paludisme comme étant la principale étiologie des anémies. Au Ghana, le taux d'anémie était élevé (22,1%) pendant la saison pluvieuse et correspondait à la haute transmission du paludisme. A Yaoundé (Cameroun), la transmission est continue et le paludisme sévit à un mode endémique et saisonnier, ce qui justifie les taux élevés des anémies sévères. Une étude réalisée dans cette ville en 2008, chez les enfants âgés de 5 à 10 ans a permis de conclure que le paludisme jouait un rôle primordial dans la survenue des anémies avec 71,58 %. Comparativement à cette étude, le taux d'anémie sévère serait plus élevé dans notre étude. Il a été démontré l'existence d'un taux élevé de mortalité chez ce groupe de malades [8].

Les données sur les tranches d'âges révèlent un taux élevé chez les enfants dont l'âge est compris entre la fourchette de 2 – 5 ans soit 47,2 %. Bien que nous n'avons pas noté une différence importante du point de vue sexe (47,2 % et 47,3 %); la présente étude montre que la tranche du nourrisson est plus susceptible à contracter plusieurs microorganismes pathogènes en l'absence d'une mise en place de mécanismes sanitaires vu la mobilité de l'enfant à cet âge. Le taux élevé constaté chez les enfants anémiques sévères à cette tranche d'âge corrobore à ceux déclarés par le Ministère de la Santé (RDC) qui varient de 30 % – 49 % en 2014 [8]. Cette situation est également attribuable à la malnutrition sévère qui sévit à cette tranche d'âge chez la plupart des enfants.

Les sorties exigées étaient dans la majeure partie chez les patients qui habitaient en dehors de la ville de Kabinda soit 6,8 %. Les conditions de vie difficile et l'impossibilité d'un long séjour hospitalier déclarées par les parents des enfants hospitalisés qui n'habitent pas le centre-ville de Kabinda justifie la précipitation de leur sortie de l'hôpital dès le rétablissement du taux de l'hémoglobine, même si le traitement étiologie de l'anémie n'a pas encore touché à sa fin. Dans certains cas, les parents de ces enfants anémiques se remettent au traitement traditionnel dès que les signes de danger sont dissipés (c'est le cas de sorties exigées des enfants de moins d'une année 6,5 %).

Le transfert était sensiblement moins réalisé dans cette étude. Son taux varie de 0 à 2,1%. L'HGRK étant l'échelon secondaire de la province de Lomami, est la seule structure de la ville accomplissant le Paquet Complémentaire d'Activité (PCA), dans ce cas, il représente le terminus du niveau de prise en charge dans cette contrée. Par conséquent les cas d'anémies sévères qui y sont référés ne peuvent trouver autre issue favorable en dehors de cette formation sanitaire. Les résultats de cette étude du point de vue transfert vont dans le même sens que ceux trouvés par Nguefack F. et Col., [6] qui avaient fait état de moins de 5 % des transferts des enfants anémiques sévères après avoir été admis dans un hôpital général de référence.

## 5 CONCLUSION

La présente étude a porté sur les causes et fréquence de l'anémie sévère à l'Hôpital Général de Référence de Kabinda (HGRK) dans la province de Lomami. Les causes de l'anémie sévère chez les enfants sous cinq ans sont les suivantes le paludisme, les infections respiratoires aiguës, la gastroentérite, la malnutrition et la méningite. La fréquence de l'anémie sévère était de 20,1 %. Ce pourcentage justifie encore la nécessité de considérer l'anémie sévère chez les enfants comme étant un problème de santé publique qui nécessite la mise sur pieds des stratégies appropriées.

## REFERENCES

- [1] English M, Ahmed M, Ngando C, Berkley J, Ross A. Transfusion pour anémie sévère chez les enfants à l'hôpital de Kenyan. *Lancet*. 2002; 359: 494-95. In PubMed.
- [2] Tchokoteu PF, Bitchong-Ekono C, Tietche F, et al. Severe forms of malaria in children in a general hospital pediatric department in Yaounde, Cameroon. *Bull Soc Pathol Exot*. 1999 Jul; 92 (3): 153-6. This article on PubMed.
- [3] Organisation Mondiale de la Santé. Modèle de chapitre pour les manuels PCIME. La Prise en Charge Intégrée des Maladies de l'Enfant. 2001. WHO/FCH/CAH/01.01.
- [4] Ministère de la Santé publique. Plan Stratégique National de Lutte contre le Paludisme au Cameroun 2007-2010.
- [5] Ministère de la Santé EDS-RDC (2014). Enquête Démographique et de Santé en République Démocratique du Congo, MINISANTE.
- [6] Nguefack Félicitée et Col., (2012) Fréquence des anémies sévères chez les enfants âgés de 2 mois à 15 ans au Centre Mère et Enfant de la Fondation Chantal Biya, Yaoundé, Cameroun.
- [7] Mbanya D, Tagny CT, Akamba A, Mekongo MO, Tetanye E. Causes de l'anémie en Afrique chez les enfants de 5 à 10 ans. *Santé*. 2008 Oct-Dec; 18 (4): 227-30. In PubMed.
- [8] Ministère de la Santé-RDC (2014) Situation sanitaire des enfants à l'horizon 2015 pour les Objectifs du Millénaire, MINISANTE.



## Relation entre couvert végétal et les termes du bilan hydrologique dans le bassin versant forestier de la Hana au sud-ouest de la Côte d'Ivoire

### [ Relationship between plant cover and the terms of the hydrological balance in the forest watershed of Hana in the south-west of Côte d'Ivoire ]

*Siaka Bakayoko<sup>1</sup>, Ismaïla Ouattara<sup>2</sup>, Amidou Dao<sup>1</sup>, Seydou Diallo<sup>1</sup>, and Bamory Kamagaté<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Laboratoire Géosciences et Environnement (LGE), UFR Sciences et Gestion de L'environnement (SGE), Université Nangui Abrogoua (UNA), 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>UFR des Sciences Géologiques et Minières (UFR-SGM), Université de Man, BP 20 Man, Côte d'Ivoire

Copyright © 2020 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** This study aims to understand the influence of vegetation cover on the hydrological response of the Hana forest watershed. Using the GR2M hydrological model, hydroclimatic data over the 2000-2018 period were simulated to obtain real evapotranspiration (ETR), infiltration (I), and runoff (R). These different water balance terms were then correlated with a time series of NDVI extracted from MODIS-Terra (MOD13Q1) images over the period 2000-2018. The calibration of the hydrological model over the periods 1984-1989 and 2000-2018, respectively gave good Nash values of 74.1% and 64.6%. The validation, on the whole, gives satisfactory Nash values, except for the 1990-1999 one which is 56.4%. Cusum and t-student tests confirmed a significant break at  $\alpha=5\%$  in 2009 in the NDVI time series. Statistical analysis around this break date reveals a good correlation between NDVI and rainfall on the one hand and between NDVI and real evapotranspiration on the other hand, with respective correlation coefficients of 0.68, 0.66 for the sub-period 2000-2009. The relationship between NDVI and runoff is relatively weak there with a value of 0.38. Very high correlation coefficient values were obtained over the period 2010-2018 between NDVI and rainfall (0.78), between NDVI and real evapotranspiration (0.72) and between NDVI and runoff (0.68). However, low correlation coefficients of the order of 0.53 and -0.07 were recorded between the NDVI and infiltration respectively before and after 2009.

**KEYWORDS:** Water balance, NDVI, Taï National Park, Hana basin.

**RESUME:** Cette étude vise à comprendre l'influence du couvert végétal sur la réponse hydrologique du bassin versant forestier de la Hana. À l'aide du modèle hydrologique GR2M, les données hydroclimatiques sur la période 2000-2018, ont été simulées pour obtenir l'évapotranspiration réelle (ETR), l'infiltration (I), et le ruissellement (R). Ces différents termes du bilan hydrologique ont été ensuite mis en corrélation avec une série temporelle de NDVI extraite des images MODIS-Terra (MOD13Q1) sur la période 2000-2018. Le calage du modèle hydrologique sur les périodes 1984-1989 et 2000-2018, a respectivement donné de bonnes valeurs de Nash de 74,1% et 64,6 %. La validation, dans l'ensemble donne de valeurs satisfaisantes de Nash, exceptée de celle de 1990-1999 qui est de 56,4%. Les tests de Cusum et de t-student ont confirmé une rupture significative à  $\alpha=5\%$  en 2009 dans la série temporelle de NDVI. L'analyse statistique autour de cette date de rupture révèle sur la sous période 2000-2009, une bonne corrélation entre le NDVI et la pluie d'une part et entre le NDVI et l'évapotranspiration réelle d'autre part, avec des coefficients de corrélation respectifs de 0,68, 0,66. La relation entre NDVI et écoulement y est relativement faible avec une valeur de 0,38. De très fortes valeurs de coefficient de corrélation ont été obtenues sur la période 2010-2018 entre le NDVI et la pluie (0,78) entre le NDVI et l'évapotranspiration réelle (0,72) et entre le NDVI et l'écoulement (0,68). Cependant, de faibles coefficients de corrélation de l'ordre de 0,53 et -0,07 ont été enregistré entre le NDVI et l'infiltration respectivement avant et après 2009.

**MOTS-CLEFS:** Bilan hydrologique, NDVI, Parc National de Taï, bassin Hana.

## 1 INTRODUCTION

En Côte d'Ivoire, le choix d'un développement basé sur l'agriculture, au lendemain de son indépendance a eu pour conséquence la perte de l'essentiel de ses ressources forestières en l'espace de trois décennies. En effet, les surfaces forestières du pays sont passées de 7,85 millions d'hectares en 1986 à 5,09 millions d'hectares en 2000, puis à 3,6 millions d'hectares en 2015 (SEP-REDD+ et FAO, 2017). Ces modifications, qu'elles soient d'origine anthropique ou naturelle, affectant la couverture végétale, ont une influence plus ou moins directe sur la relation existant entre les précipitations et les écoulements de surface (Vissin, 2007, Rim, 2013). La nature de la couverture végétale intervient en effet, sur l'intensité des cinq processus fondamentaux dans le cycle de l'eau à la surface: interception, évaporation directe après interception, infiltration dans le sol, évapotranspiration et écoulement de surface (Grégoire *et al.*, 1990). Selon Paturel *et al.* (2006), ce recul de la forêt couplé à la variabilité climatique constatée ces dernières décennies en Afrique de l'Ouest et particulièrement en Côte d'Ivoire, ont eu pour conséquence la baisse de la pluviométrie et de l'écoulement. Dès lors, connaître le comportement hydrologique d'un bassin versant devient une priorité dans la gestion des ressources en eau.

Le bassin versant de la Hana, notre zone d'intérêt est le principal cours d'eau du massif forestier protégé du parc national de Taï. Ce parc fait partie des aires protégées de l'Afrique de l'ouest et constitue le fer de lance de la politique de conservation des écosystèmes forestiers de la Côte d'Ivoire. Des menaces objectives pèsent sur cet écosystème nonobstant son état exceptionnel de conservation. En effet, la fonction de régulateur climatique de cette aire permet à la région du Sud-ouest de la Côte d'Ivoire d'être le pool agricole, en matière de productions pérennes, à savoir: le cacao, le palmier à huile, l'hévéa et le cocotier. Ainsi, cette situation engendre-t-elle l'attractivité du parc du Taï et une démographie galopante dans la région (Coulibaly, 2018). Outre, ces empiètements agricoles, on note aussi le braconnage et surtout l'orpaillage artisanal pratiqué le long de la rivière Hana (OIPR, 2015). Il est question dans la présente étude de montrer l'influence de la dynamique de la végétation sur les paramètres du bilan hydrologique du bassin versant de la Hana. Pour ce faire, cette étude se propose d'établir une relation entre une série temporelle des termes du bilan hydrologique et d'indices de végétation normalisé (NDVI) issus d'images MODIS (MOD13Q1).

## 2 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Le bassin versant de la Hana est un sous bassin du fleuve Cavally. Il est situé au Sud-ouest de la Côte d'Ivoire entre les latitudes 5°08' et 6°24' Nord et les longitudes 6°47' et 7°25' Ouest (figure 1). Les deux tiers du bassin sont inscrits dans le parc national de Taï. Il constitue ainsi, avec ses affluents Méno et Moumo, le principal cours d'eau du parc national de Taï. Toutes ces rivières ont une orientation générale Nord-est/Sud-ouest et se jettent dans le fleuve Cavally à Niébé. Le bassin versant de la Hana a une superficie de 4210 km<sup>2</sup> avec un périmètre de 442 km dont la longueur et la largeur équivalentes mesurent respectivement 199,9 m et 21,05 m.

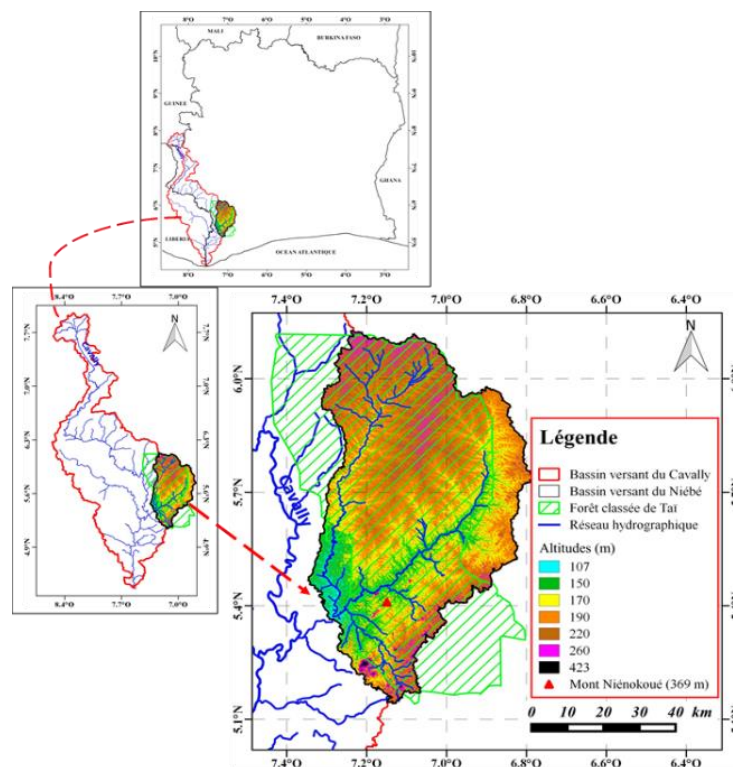


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude

Le climat est de type subéquatorial, chaud et humide, caractérisé par une pluviométrie moyenne mensuelle supérieure à 250 mm (figure 2). Les précipitations annuelles sur le bassin du Cavally avoisinent, ou même dépassent, 2000 mm. Les précipitations sont réparties en quatre saisons: Avénard J.M. (1971).

- Grande saison des pluies: mars – avril – mai – juin;
- Petite saison sèche: juillet – août;
- Petite saison des pluies: septembre – octobre - novembre
- Grande saison sèche: décembre à février.

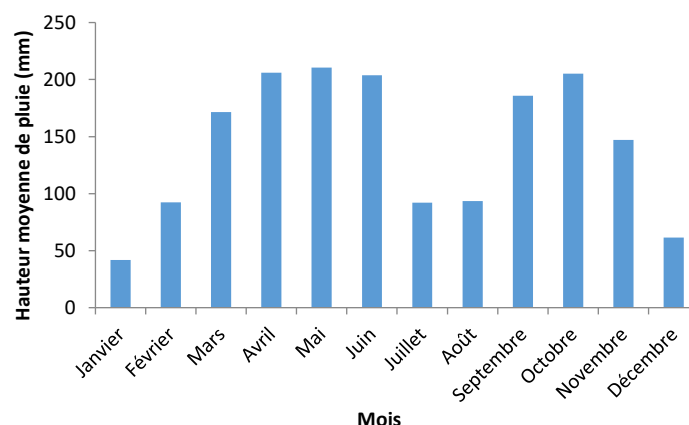


Fig. 2. Régime pluviométrique du bassin versant de la Hana à Niébé (1983-1999)

Ces conditions éco-climatiques (précipitation supérieure à 1600 mm, saisons sèches inférieures à 4 mois) placent le bassin versant dans le secteur ombrophile du domaine guinéen caractérisé par la forêt dense humide sempervirente. Au regard de son importance et de sa situation géographique, cette aire est victime d'intenses pressions anthropiques. Parmi celles-ci, l'agriculture se positionne en pôle position avec le développement des cultures pérennes, à savoir: le cacao, le café, l'hévéa, le coco et le palmier à huile. De plus, la crise post-électorale survenue de décembre 2010 à avril 2011 en Côte d'Ivoire a exacerbé les pressions sur le Parc national de Taï (Coulibaly, 2018). Ainsi, le braconnage s'est intensifié, les défrichements à des fins agricoles se sont étendus et de nouveaux sites d'orpaillage ont fait leur apparition. La population des villages autour du PNT est estimée à 458 439 habitants en 2013 (PAG, 2015).

### 3 MATERIEL ET METHODES

#### 3.1 DONNEES DE L'ETUDE

##### 3.1.1 DONNEES CLIMATIQUES

Les données climatiques sont composées de données satellitaires et de données observées au sol. Les données satellitaires sont journalières et sont issues de la base de données du projet Prediction of Worldwide Energy Resource (NASA POWER) de la National Aeronautics and Space Administration<sup>1</sup>. Les données climatiques au sol sont journalières et mensuelles et ont été fournies par la SODEXAM (Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire Aéronautique et Météorologique (SODEXAM)). Il s'agit des hauteurs de pluies, de l'humidité relative, de la vitesse du vent, du rayonnement solaire et des températures minimales et maximales. Les données satellitaires ont été choisies car la région souffre d'un manque de données climatiques *in situ* dû à l'insuffisance des postes de mesures.

<sup>1</sup> <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

### 3.1.2 DONNEES HYDROMETRIQUES

Les données hydrométriques utilisées proviennent de la Direction des Normes, de l'Hydrologie, de la Réglementation et de la Qualité (DNHRQ), structure sous tutelle de la Direction Générale des Infrastructures de l'Hydraulique Humaine (DGIHH). Ces données concernent les débits journaliers de la seule et unique station hydrométrique de Niébé. Elles couvrent la période de 1970 à 2018 et comportent des lacunes qui ont été comblées.

### 3.1.3 DONNEES DE NDVI

Les données satellitaires de l'étude sont des indices normalisés de végétation (NDVI) issus de la série d'images Modis (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) Terra (MOD13Q1) de 250 m de résolution sur la période février 2000 à décembre 2018. L'intérêt de ces images est qu'elles sont des synthèses de 16 jours. Cela signifie que les données journalières dans un intervalle de 16 jours, ont été analysées afin de ne retenir qu'une seule valeur (la moins bruitée) pour chaque pixel individuellement. De plus, la résolution de 250 m efface les microstructures parcellaires mais révèlent les structures locales à micro-régionales. Il s'agit, à l'heure actuelle, en terme de série temporelle de NDVI de la plus haute résolution spatiale (Andrieu, 2018).

## 3.2 METHODOLOGIE

### 3.2.1 CORRECTION DE BIAIS DES DONNEES DE PLUIES SATELLITAIRES

Dans ce travail, des corrections de biais ont été appliquées aux données de pluies satellitaires selon les équations 1 et 2 proposées par Shrestha (2015).

$$P_{cor,m,d} = P_{sat,m,d} \times [\mu\{P_{obs,m}\}/\mu\{P_{sat,m}\}] \quad (1)$$

$$P_{cor,m,d} = P_{sat,m,d} + \mu(P_{obs,m}) - \mu(P_{sat,m}) \quad (2)$$

où  $P_{cor,m,d}$  sont les précipitations corrigées du jour du mois, et  $P_{sat,m,d}$  sont les précipitations satellites du jour du mois.  $\mu(.)$  représente l'opérateur d'espérance (par exemple,  $\mu P_{obs,m}$  représente la valeur moyenne des précipitations observées au mois m donné).

La première équation est multiplicative et s'applique aux valeurs de pluie positives, mais elle est incapable de corriger un éventuel biais sur les valeurs de pluie satellite nulles. Pour pallier à cette insuffisance Brochart et Andréassian (2014) proposent une correction additive selon l'équation 2 quand la pluie satellite est nulle.

### 3.2.2 COMPLEMENT DES DONNEES DE DEBITS

L'utilisation des données de débits à l'état brute sans traitement est une source d'erreur. Donc, des compléments ont été effectués par la méthode du critère de proportionnalité analogue. Les valeurs manquantes à la station de Niébé (4210 km<sup>2</sup>) ont été comblées par les valeurs de la station de Sahibly (4670 km<sup>2</sup>) selon les rapports ci-dessous.

$$\frac{Q_{Niébé}}{S_{Niébé}} = \frac{Q_{Sahibly}}{S_{Sahibly}} \quad (3)$$

$$Q_{Niebe} = 0,9 Q_{Sahibly} \quad (4)$$

En régime tropical, les débits d'étiage sont très faibles, voire nuls, et peuvent être remplacés, très souvent, par les moyennes interannuelles sans avoir recours à des corrélations mensuelles ou aux débits journaliers (Ardoin, 2004). Cette méthode a été utilisée en complément de la première.

### 3.2.3 TESTS DE DÉTECTION DE RUPTURE DANS LES SÉRIES TEMPORELLES DE NDVI

#### 3.2.3.1 TEST DE CUSUM

Le test de Cusum permet de vérifier la stationnarité des séries temporelles d'NDVI. Cette méthode consiste à diviser en deux échantillons chaque série étudiée avant d'examiner si les moyennes dans deux échantillons de la série de données sont différentes. C'est un test non paramétrique suivant les données d'une série chronologique ( $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ ). Le test statistique est défini comme suit:

$$V_k = \sum_{i=1}^k \text{sgn}(x_i - x_{\text{médian}}) \quad (5)$$

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} 1 & \text{pour } x > 0 \\ 0 & \text{pour } x = 0 \\ -1 & \text{pour } x < 0 \end{cases} \quad (6)$$

$x_{\text{médian}}$  est la valeur médiane de l'ensemble de la série de données. La distribution de  $V_k$  suit la loi de kolmogorov-smirnov à deux échantillons ( $K_s = (2/n) \max |V_k|$ ) avec la valeur seuil du maximum  $|V_k|$  donnée par:

$$a = \begin{cases} 0,1 & 1,22\sqrt{n} \\ 0,05 & 1,36\sqrt{n} \\ 0,01 & 1,63\sqrt{n} \end{cases} \quad (7)$$

Une valeur négative de  $V_k$  indique que la dernière partie de la chronique a une moyenne plus élevée que la partie précédente et vice versa.

### 3.2.3.2 TEST DE T- STUDENT

Ce test vient en appoint au test de Cusum qui est un test de détection de rupture. Il est utilisé dans le cadre d'une étude de stationnarité lorsque la date de rupture présumée est connue.

Dans ce cas, il divise et compare la série en deux sous-échantillons (de part et d'autre de cette date). Le test suppose aussi que les données sont normalement distribuées. La formule statistique de t-Student est la suivante:

$$t = \frac{(\bar{X} - \bar{Y})}{S \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{m}}} \quad (8)$$

Où  $\bar{X}$  et  $\bar{Y}$  sont les moyennes de la première et de la seconde période;  $m$  et  $n$  sont les nombres d'observations respectifs de ces périodes et  $S$  est l'écart type de l'échantillon.

### 3.2.4 FONCTIONNEMENT DU MODELE GR2M ET EVALUATION DES PARAMETRES DU BILAN HYDROLOGIQUE

Le but de l'utilisation du modèle GR2M dans cette étude est de faire la répartition des lames d'eau précipitées entre les différents termes du cycle hydrologique. Le choix d'estimer le bilan hydrologique à partir des données modélisées repose sur la capacité du modèle à reproduire l'évapotranspiration réelle (ETR) à partir des données d'entrée du modèle. C'est la méthode la plus utilisée (Dieng *et al.*, 1991). Ce modèle est connu pour sa performance et sa robustesse.

#### 3.2.4.1 DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT DU MODELE HYDROLOGIQUE GR2M

Le modèle GR2M (modèle du Génie Rural à 2 paramètres Mensuels) est un modèle conceptuel pluie-débit comportant deux réservoirs régulés par deux paramètres ajustables (Mouelhi, 2003). Ce modèle a été mis en place par le Cemagref (Makhlouf *et al.*, 1994; Lavabre *et al.*, 1993)<sup>2</sup>.

#### 3.2.4.2 PREPARATION DES DONNEES D'ENTREE DU MODELE GR2M

Les données d'entrée du modèle GR2M sont les précipitations, l'évapotranspiration potentielle et les lames d'eau. Etant donné que les paramètres du modèle sont très sensibles aux variations de ces données, leur qualité et leur utilisation dans le modèle requiert des traitements appropriés. C'est dans ce sens que les méthodes des polygones de Thiessen et de Penman-Monteith ont été respectivement appliquées pour le calcul des précipitations moyennes et des évapotranspirations potentielles (ETP). Les différentes valeurs d'ETP sont ensuite converties en valeurs moyennes mensuelles étant donné qu'elles sont journalières.

#### 3.2.4.3 CALAGE ET VALIDATION DU MODELE: CRITERE D'OPTIMISATION DES PARAMETRES

Cette étape consiste à ajuster les paramètres du modèle de sorte qu'il y ait une adéquation entre les débits observés et simulés. Le critère le plus utilisé pour juger de cette adéquation est celui de Nash. Les paramètres du modèle retenus sont ceux dont la valeur minimise la fonction critère préalablement choisie. Une fois le modèle « calé », l'on utilise les paramètres issus du calage et un autre

<sup>2</sup> Plus d'informations sur son fonctionnement sont disponibles à l'adresse: <https://webgr.inrae.fr/modeles/mensuel-gr2m/>

jeu de données expérimentales pour effectuer la validation. Ainsi, la comparaison entre modèle et réalité terrain traduite par la valeur de la fonction critère permet alors de valider ou non le modèle.

Le calage et la validation sont faits sur la période 1984-2018, selon la méthode du « *differential split-sample test* » ou division de l'échantillon. Le principe de ce « *differential split-sample test* » consiste à séparer la période disponible en deux (2) sous périodes indépendantes et présentant un caractère non-stationnaire (caractéristiques climatiques différentes d'une période à l'autre), de caler le modèle sur la première période et de le valider sur la deuxième, puis inversement. L'expression du critère d'évaluation Nash et Sutcliffe (1970) est:

$$\text{NASH} = \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i^{\text{obs}} - Q_i^{\text{sim}})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_i^{\text{obs}} - Q^{\text{mean}})^2} \right] \quad (9)$$

Avec,  $Q^{\text{mean}}$ , débit moyen observé,  $Q^{\text{sim}}$ , débit calculé,  $Q^{\text{obs}}$ , débit observé, nombre d'observation. Cette formule traduit un certain rendement du modèle comparable au coefficient de détermination d'une régression. Le tableau I fournit les critères d'appréciation de la performance du modèle. On considère, généralement, qu'un modèle hydrologique donne des résultats acceptables, si la valeur du critère de Nash est supérieure à 0.5 (Gaume, 2009).

**Tableau 1. Critère d'évaluation des simulations**

| NASH                           | EVALUATION DE LA PERFORMANCE |
|--------------------------------|------------------------------|
| $0,75 < \text{NASH} \leq 1,00$ | très bonne                   |
| $0,65 < \text{NASH} \leq 0,75$ | bonne                        |
| $0,5 < \text{NASH} \leq 0,65$  | satisfaisante                |
| $\text{NASH} \leq 0,5$         | Non satisfaisante            |

### 3.2.4.4 EVALUATION DES PARAMETRES DU BILAN HYDROLOGIQUE MENSUEL

Le bilan hydrologique vise à établir le bilan entre les entrées et les sorties en eau d'une unité hydrologique définie pendant une période de temps donnée. Ainsi, il est admis que les précipitations qui tombent dans une région donnée sont partagées entre l'évapotranspiration, l'écoulement de surface et la recharge des nappes souterraines, de sorte que l'équation du bilan hydrologique s'exprime par:

$$P = (R + \text{ETR}) + I + \Delta S \quad (10)$$

Avec P: pluviométrie (mm); ETR: évapotranspiration réelle (mm); I: lame d'eau infiltrée (mm); R: lame d'eau écoulée à l'exutoire du bassin versant (mm);  $\Delta S$ : variation du stock d'eau.

A l'échelle du cycle hydrologique annuel, les variations de stock s'annulent sur un grand bassin (Mahé *et al.*, 1998). La lame d'eau infiltrée (I) est déduite de l'équation 2 selon la formule donnée:

$$I = P - (\text{ETR} + R) \quad (11)$$

Dans le cas de cette étude, la détermination de l'ETR est basée sur la modélisation de la relation pluie-débit par le modèle GR2M qui est un modèle à réservoir et de bilan. Selon Kouakou *et al.* (2016), l'expression de l'ETR, pour un mois considéré, est donnée par la relation suivante:

$$\text{ETR} = S_1 - S_2 \quad (12)$$

Où  $S_1$  est le niveau d'eau dans le réservoir sol après une pluie et  $S_2$  le niveau d'eau dans le réservoir après l'évapotranspiration.

### 3.2.5 EXTRACTION DES VALEURS NDVI DES IMAGES MOD13Q1

Les valeurs de NDVI ont été calculées avec la formule NDVI dans ArcGIS10.2 qui est la suivante:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{RED}}{\text{NIR} + \text{RED}} \quad (13)$$

Où NIR est la réflectance dans la bande proche infrarouge et RED la réflectance dans la bande rouge visible. La normalisation par la somme des deux bandes permet de réduire les effets d'éclairement. Le NDVI conserve une valeur constante quel que soit l'éclairement global, contrairement à la simple différence qui est très sensible aux variations d'éclairement. Les valeurs du NDVI sont comprises en théorie entre -1 et +1 (Xingtu *et al.*, 2020).

Pour chaque mois de la période étudiée, nous avons moyenné les deux valeurs bimensuelles du NDVI pour obtenir les valeurs mensuelles de cet indice. Enfin, nous avons moyenné ces valeurs mensuelles pour chaque pixel et pour chaque année de la période étudiée (2000-2018) pour obtenir enfin notre série temporelle de 19 ans.

### 3.2.6 VARIATIONS TEMPORELLES DU NDVI ET DES DIFFERENTS TERMES DU BILAN HYDROLOGIQUE

Une méthode graphique a été utilisée pour étudier les variations temporelles de l'indice de végétation NDVI et des différents termes du bilan hydrologique sur le bassin. Pour chaque année de la série de données, nous reportons sur un même graphique, en abscisse les mois, en ordonnée les valeurs du terme considéré du bilan et en ordonnée secondaire les valeurs de NDVI. Une telle représentation permet une étude comparative de l'évolution des deux paramètres à l'échelle mensuelle (Diello, 2005).

### 3.2.7 CORRELATION ENTRE NDVI ET TERMES DU BILAN HYDROLOGIQUE

La recherche des relations statistiques entre l'indice de végétation et les termes du bilan hydrologique a pour objectif de mieux appréhender l'influence de la voûte forestière (à travers NDVI) sur les termes du bilan hydrologique et aussi inversement, car l'état de la végétation dépend de certains paramètres du bilan hydrologique (la pluie, par exemple).

Le coefficient de corrélation ( $r$ ) de Bravais-Pearson (Pearson, 1896) a été utilisé à cet effet, entre l'ensemble des données NDVI mensuelles et les différents termes du bilan hydrologiques. La formule de calcul est la suivante:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - m_x)(y_i - m_y)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - m_x)^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - m_y)^2}} \quad (14)$$

Avec:

$x_i$  et  $y_i$ : les valeurs des variables  $X$  et  $Y$ ,  $m$  les moyennes des deux variables  $X$  et  $Y$  et  $n$ : le nombre d'observation ou la taille de l'échantillon. La force de la corrélation est donnée par la valeur absolue de la corrélation. Le sens de la relation entre les variables est donné par le signe de la corrélation. On note qu'avant 0,33, le coefficient de corrélation est dit « faible », de 0,33 à 0,67, il est moyen, et de 0,67 à 1, il est fort (André, 2014).

## 4 RESULTATS ET DISCUSSION

### 4.1 RESULTATS

#### 4.1.1 DETECTION DE RUPTURE DANS LA SERIE TEMPORELLE DE NDVI

Le test de Cusum appliqué à la série temporelle des NDVI a permis de détecter une rupture de stationnarité en juin 2009 au seuil de significativité de 0,05 permettant ainsi d'identifier deux (2) sous-périodes: une première période allant de janvier 2000 à juin 2009 et une seconde période de juillet 2009 à décembre 2018. Le test de Student, comparant ces deux sous-périodes entre elles montre que la première sous-période est supérieure à la première au seuil de significativité de 0,01. Les valeurs de ces deux tests sont consignées dans le tableau. Cette tendance à la hausse des indices de NDVI est mise en évidence le linéaire NDVI à la figure 3.

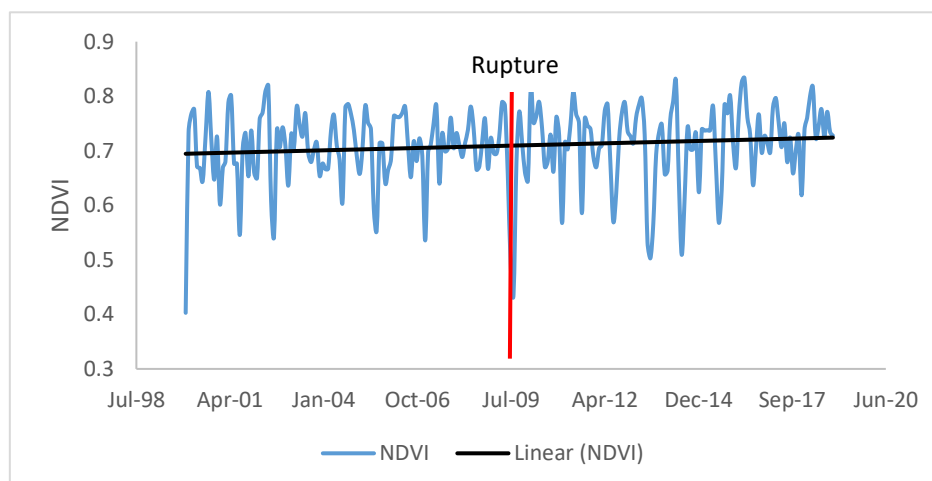


Fig. 3. Variation temporelle des indices de NDVI

Tableau 2. Tests statistiques appliqués à la série temporelle de NDVI

| Test de rupture      |                        |           |                        |
|----------------------|------------------------|-----------|------------------------|
| Cusum                |                        | Student   |                        |
| Vk (Date de rupture) | Stat ( $\alpha=0,05$ ) | t         | Stat ( $\alpha=0,05$ ) |
| Juillet 2009         | 20,54                  | $-\infty$ | 2,61                   |

#### 4.1.2 CALAGE ET VALIDATION DU MODELE GR2M

L'identification des périodes optimales de calage et de validation est faite sur la période 1984-2018. Les périodes consignées dans le tableau II sont celles qui ont donné de meilleures performances de simulation des écoulements. Ainsi, on enregistre des valeurs satisfaisantes de Nash de 74,1% et de 64,6% respectivement sur la période 1984-1989 et 2000-2018 pendant les phases de calage. Aussi, les validations issues de chaque calage donnent dans l'ensemble des valeurs de Nash satisfaisantes de 60,8; 70,4 et 65,3 respectivement sur les périodes 2001-2010, 2011-2018 et 1990-2002. Toutefois, celle de la période 1984-1989 fait la fausse note avec une valeur de Nash de 56,4%. Ces résultats numériques sont confirmés par une assez bonne similitude entre hydrogrammes observés et calculés (Figures 4 et 5).

Tableau 3. Résultats numériques du calage et de la validation du modèle GR2M

| Longueur de la période de mise en route (1 an) |                       | Sortie du modèle |      |                      |               |
|------------------------------------------------|-----------------------|------------------|------|----------------------|---------------|
| Période de calage                              | Période de validation | Paramètres       |      | Critère d'efficacité |               |
|                                                |                       | x1               | x2   | NS calage            | NS validation |
| 1984_1989                                      | 2001-2010             |                  |      |                      | 60,8          |
|                                                |                       | 7,18             | 0,69 | 74,1                 |               |
| 2000_2018                                      | 2011-2018             |                  |      |                      | 70,4          |
|                                                | 1990-1999             |                  |      |                      | 56,4          |
|                                                |                       | 6,92             | 0,84 | 64,6                 |               |
|                                                | 1990-2002             |                  |      |                      | 65,3          |

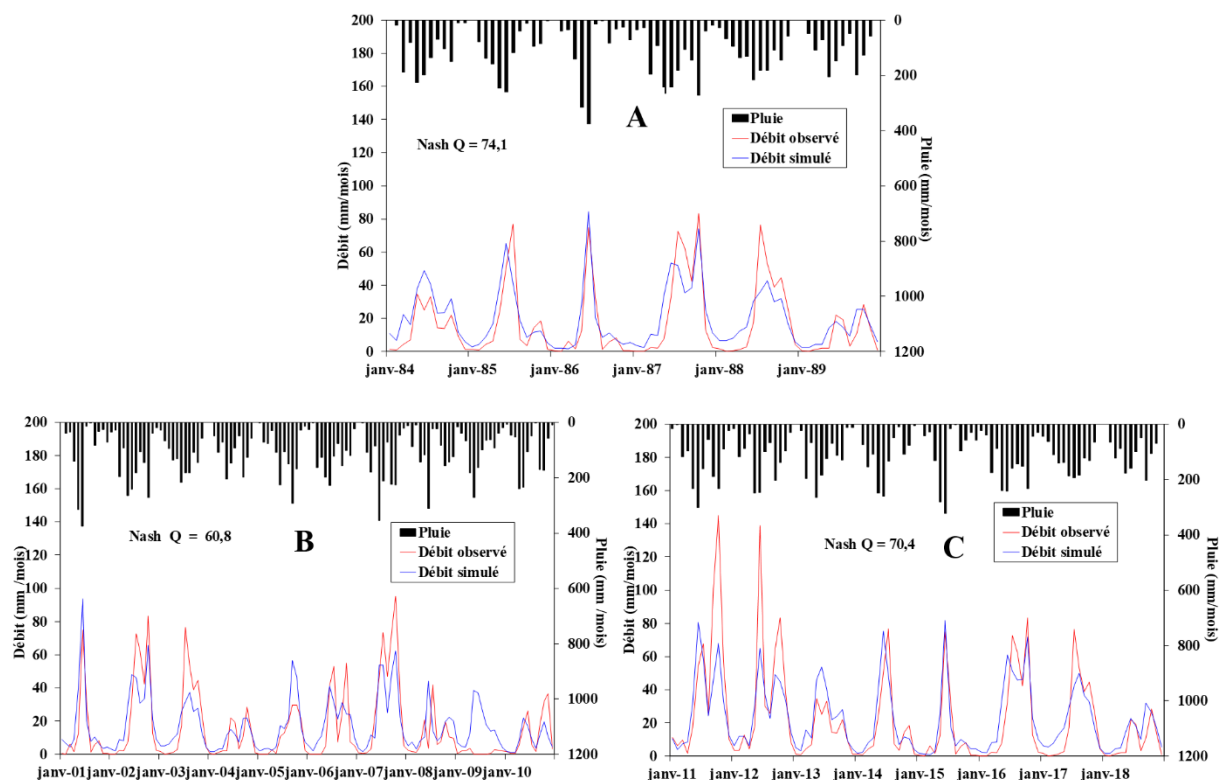




Fig. 4. Calage et validation: A: calage 1984-1989; B: validation 2000-2010; C: 2011-2018

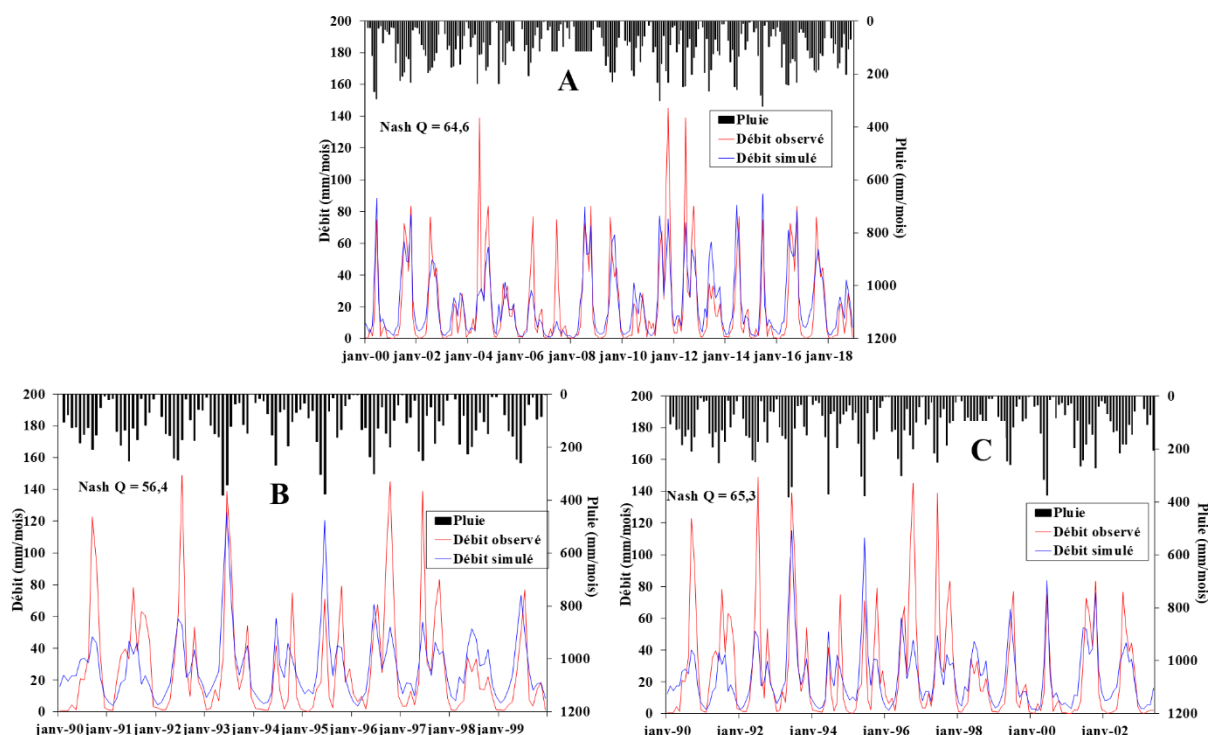


Fig. 5. Calage et validation. A: calage 2000-2018; B: validation 1990-1999; C: validation; 1990-2002

#### 4.1.3 EVALUATION DU BILAN HYDROLOGIQUE A L'ECHELLE MENSUELLE

Le tableau III et la figure 6 présentent les bilans hydrologiques moyens mensuels numériques et graphiques avant et après la période de rupture détectée dans la série temporelle de NDVI. Les lames d'eau infiltrées calculées sont négatives sur 9 mois sur 12 au cours de la période 2000-2009. Il s'agit des mois de juillet, août, septembre, octobre, novembre, décembre, janvier février et mars. Les valeurs positives sont enregistrées au cours des mois d'avril, mai et juin pour la période 2000-2009 (graphe A de la figure 6). Pour la période 2010-2018 (graphe B de la figure 6), tous les mois ont aussi des valeurs d'infiltration négatives, hormis les mois d'avril, mai, juin et de septembre. Sur la période 2000-2009, l'écoulement est plus important que l'évapotranspiration alors que sur la période 2010-2018, c'est le contraire qui est constaté (tableau III). Cependant, l'évapotranspiration reste plus important par rapport à l'écoulement sur presque tous les mois de l'année. Elle domine sur 9 mois (janvier, février, mars, avril, mai, juin, juillet, novembre et décembre) et 7 mois (janvier, février, mars, avril, mai, juin et décembre), respectivement sur les périodes 2000-2009 et 2010-2018.

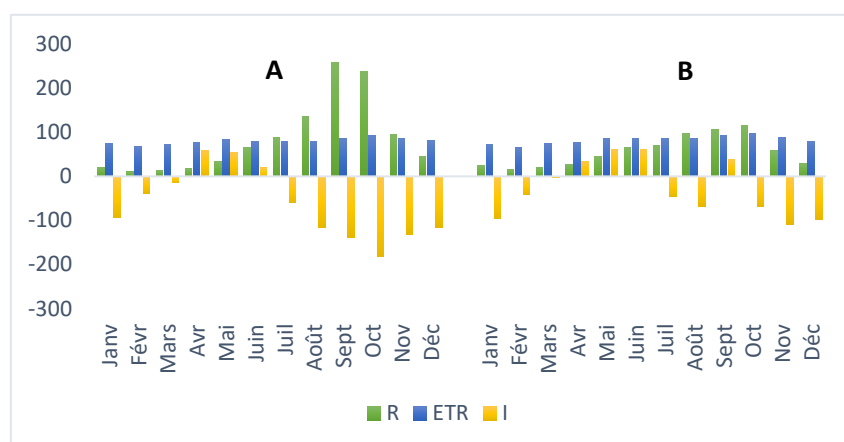


Fig. 6. Représentation graphique du bilan hydrologique moyen mensuel

Tableau 4. Bilan hydrologique mensuel sur les périodes 2000-2009 et 2010-2018

| Mois      | PERIODE 2000-2009 |       |       |        | PERIODE 2010-2018 |       |        |         |
|-----------|-------------------|-------|-------|--------|-------------------|-------|--------|---------|
|           | P                 | R     | ETR   | I      | P                 | R     | ETR    | I       |
| Janvier   | 3,3               | 21,1  | 75,7  | -93,6  | 1,2               | 23,8  | 73,3   | -95,9   |
| Février   | 39                | 10    | 67,2  | -38,2  | 39,9              | 15,9  | 65,7   | -41,7   |
| Mars      | 72,6              | 13,9  | 73,1  | -14,4  | 92,7              | 20,1  | 74,8   | -2,2    |
| Avril     | 153,6             | 18,1  | 76    | 59,6   | 138,5             | 28    | 77,4   | 33,2    |
| Mai       | 170,5             | 33,3  | 83,2  | 54     | 192,6             | 44,9  | 85,7   | 61,9    |
| Juin      | 163,9             | 64,6  | 80    | 19,3   | 213,1             | 65,6  | 86,4   | 61,1    |
| Juillet   | 108,6             | 88,6  | 79,9  | -59,8  | 110,7             | 70,9  | 85,7   | -45,9   |
| Août      | 99,8              | 135,5 | 79,7  | -115,4 | 116,3             | 97,3  | 86,6   | -67,6   |
| Septembre | 206,4             | 258,8 | 86    | -138,4 | 237,9             | 105,7 | 93,6   | 38,6    |
| Octobre   | 147,4             | 237,6 | 92,7  | -182,9 | 143,5             | 114,7 | 97,4   | -68,6   |
| Novembre  | 49,3              | 94,9  | 85,5  | -131,2 | 37,8              | 58,6  | 87,5   | -108,3  |
| Décembre  | 10,3              | 46    | 80,4  | -116,2 | 10,2              | 28,3  | 79,8   | -97,9   |
| Moyenne   | 102,06            | 85,2  | 79,95 | -63,1  | 111,2             | 56,15 | 82,825 | -27,775 |

P: pluie, R: écoulement, ETR: évapotranspiration réelle, I: infiltration

#### 4.1.4 VARIABILITE MENSUELLE NDVI ET LES TERMES DU BILAN HYDROLOGIQUE

Dans le but de mettre en exergue l'impact de la variabilité mensuelle de l'activité végétale via le NDVI, sur les termes du bilan hydrologique, une représentation graphique dans un même plan a été effectuée autour de la période de rupture.

##### 4.1.4.1 VARIABILITE MENSUELLE DU NDVI ET DE LA PLUIE

Au pas de temps mensuel, l'évolution du NDVI rythme avec celle de la pluviométrie et ce, quelle que soit la sous-période (avant ou après rupture) de la chronique 2000-2018. L'observation du graphe A de la figure 7 montre que le NDVI et la pluie croissent de façon régulière de janvier jusqu'au mois de juin. Ils décroissent ensuite légèrement jusqu'en juin pour la pluie et août pour le NDVI. Ils reprennent ensuite leur ascendance pour atteindre leurs valeurs maximales en septembre pour la pluie et en octobre pour le NDVI. Enfin, à partir de ces mois respectifs, ils diminuent jusqu'au mois de décembre. On note aussi un chevauchement dans leur évolution. Cette valeur maximale reste quasiment constante jusqu'en novembre. Pour le graphe B, le NDVI et la pluie ont une évolution synchrone de janvier à mai où ils atteignent leurs premières valeurs maximales qui restent longtemps constante pour le NDVI. Les deux variables fléchissent ensuite ensemble pour atteindre un minimum en août. Il s'en suit une croissance de leur valeur pour atteindre un second pic en septembre. Les valeurs maximales atteintes à ce pic restent constantes jusqu'en novembre pour le NDVI tandis que cette valeur chute pour la pluie depuis septembre. En somme, l'analyse simultanée de la variation du NDVI et de la pluie montre que les mois les plus pluvieux (avril, mai, juin) ont des valeurs de NDVI élevées alors que les mois les moins arrosés (décembre, janvier, février) sont caractérisés par des valeurs de NDVI faibles. Aussi, le NDVI respecte le régime bimodal de la pluie dans cette zone.

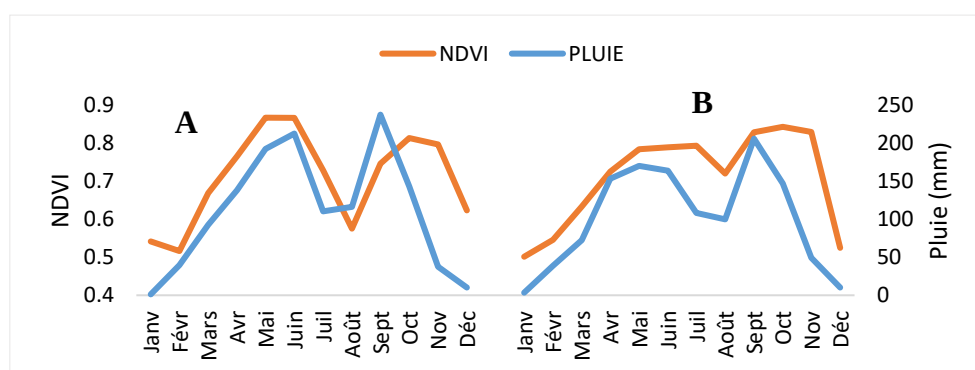


Fig. 7. Variabilité mensuelle du NDVI et de la pluie A) 2000-2009 et B) 2010-2018

#### 4.1.4.2 VARIABILITE MENSUELLE DU NDVI ET DE L'ÉCOULEMENT (R)

Au regard du graphe A de la figure 8, on constate que le NDVI et l'écoulement n'évoluent pas de la même façon. Cela est bien mis en évidence pendant les mois d'août, juin et juillet où l'écoulement augmente alors que le NDVI diminue. Cependant, le graphe B montre que pendant les mois à fort écoulement fort, correspondent des valeurs élevées de NDVI et cela est bien perceptible à partir du mois d'août.

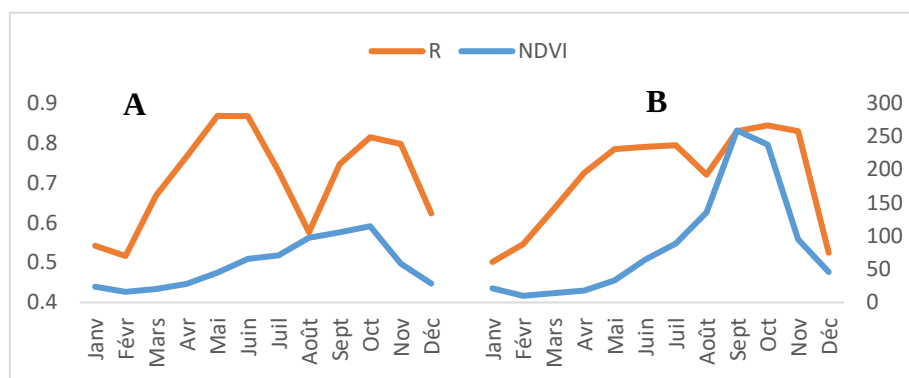


Fig. 8. Variabilité mensuelle du NDVI et de l'écoulement A) 2000-2009 et B) 2010-2018

#### 4.1.4.3 VARIABILITE MENSUELLE DU NDVI ET DE L'ÉVAPOTRANSPIRATION (ETR)

L'observation de la figure 9 montre que l'évapotranspiration (ETR) et le NDVI n'évoluent pas tout à fait selon la même cadence. La bimodalité n'est pas observé au niveau de l'ETR, surtout sur le graphe A. Sur le graphe B, l'évolution de l'ETR suit à peu près celui du NDVI. Les mois de forte évapotranspiration ont des valeurs de NDVI élevées et les mois à faible évapotranspiration ont des NDVI faibles.

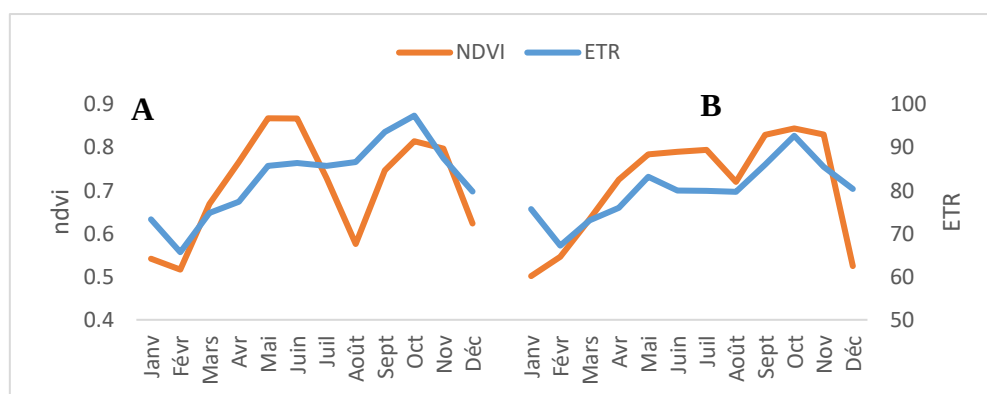


Fig. 9. Variabilité mensuelle du NDVI et de l'évapotranspiration (ETR) A) 2000-2009 et B) 2010-2018

#### 4.1.4.4 VARIABILITE MENSUELLE DU NDVI ET DE L'INFILTRATION OU RECHARGE (I)

L'évolution de l'infiltration n'est pas exactement analogue à celle du NDVI, au regard du graphe A de la figure 10. Leur évolution semble être opposée.

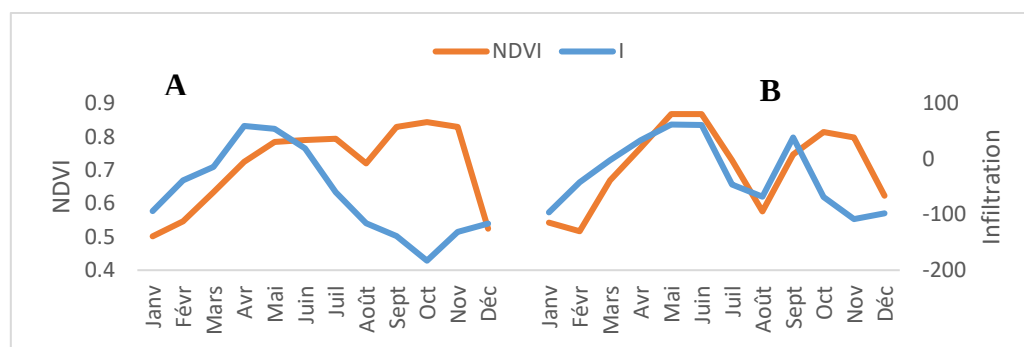


Fig. 10. Variabilité mensuelle du NDVI et de l'infiltration ou recharge (I) A: 2000-2009 et B: 2010-2018

L'infiltration croît de janvier jusqu'en mai où elle atteint un pic avant de décroître jusqu'en octobre alors que le NDVI reste élevé sur les mois de mai, juin et juillet. Aussi pendant le mois d'octobre l'infiltration connaît sa plus faible valeur bien que le NDVI est à son maximum. Toutefois, au regard du graphe B, l'infiltration et le NDVI font montre d'une évolution identique jusqu'en septembre.

#### 4.1.5 ANALYSE DE LA CORRELATION ENTRE NDVI ET TERMES DU BILAN HYDROLOGIQUE

Dans le bassin versant de la Hana, la corrélation a été établie entre le NDVI et les paramètres du bilan hydrologique avant et après l'année 2009 identifiée comme la période de rupture. Ainsi au regard des tableaux IV et V, que ce soit avant ou après la rupture, on constate que le NDVI est positivement et fortement corrélé avec les précipitations respectivement 0,78 et 0,68 pour les deux (2) sous période. Il en est de même aussi pour l'évapotranspiration avec des coefficients de corrélation de 0,66 et 0,75 respectivement avant et après la rupture. Et des p-valeurs inférieures à 0,05 dénotant d'une corrélation significative. La corrélation NDVI/écoulement présente une valeur de 0,38 (p-valeurs > 0,05) avant la rupture alors qu'on enregistre 0,63, après la rupture (p-valeur = 0,22 supérieure à 0,05). En ce qui concerne la corrélation NDVI/infiltration, on enregistre une valeur très faible et négative de -0,07 ( $p = 0,826$ ) non significative avant la rupture. Après la rupture, ce coefficient s'améliore et atteint 0,54 avec un p-value de 0,067. En somme, on retient que les relations entre le NDVI et les termes du bilan hydrologique sont nettement meilleurs après la période de rupture qu'avant.

Tableau 5. Corrélation de Bravais-Pearson avant rupture

| Paramètres du bilan       | NDVI      |          |           |          |
|---------------------------|-----------|----------|-----------|----------|
|                           | 2000-2009 |          | 2010-2018 |          |
|                           | r         | p-valeur | r         | p-valeur |
| Pluie                     | 0,68      | 0,013    | 0,78      | 0,002    |
| Evapotranspiration réelle | 0,66      | 0,017    | 0,72      | 0,008    |
| Ecoulement                | 0,38      | 0,22     | 0,63      | 0,028    |
| Infiltration              | -0,07     | 0,826    | 0,54      | 0,067    |

NB: Les valeurs en gras avec des p-valeurs inférieures à  $\alpha = 0,05$  sont caractéristiques de corrélation significative.

## 4.2 DISCUSSION

### 4.2.1 COMPORTEMENT HYDROLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DE LA HANA

Les résultats de l'application du modèle GR2M au bassin versant de la Hana montrent que celui-ci traduit assez fidèlement son comportement hydrologique. Les critères d'évaluation numériques (coefficient de Nash) et graphiques le témoignent très clairement. En effet, des valeurs de Nash de l'ordre de 70% à 60% ont été obtenus en calage, respectivement sur les périodes 1984-1989 et 2000-2018. Aussi, au cours de la validation de bonnes valeurs de Nash ont été obtenues. Ces résultats de performance obtenus, s'inscrivent dans l'ordre des performances obtenues en général sur les bassins versants ouest africains Ouédraogo (2001), (Diello, 2007). Au niveau de la Côte d'Ivoire, plusieurs auteurs (Ardoïn, 2004, Kouakou *et al.*, 2016, Fadiga *et al.*, 2019 et Yao *et al.*, 2019) ont appliqué ce modèle à différents bassins versants. Des valeurs satisfaisantes de Nash ont été obtenues en calibration comme en validation. Perrin *et al.* (2007), affirment ainsi que la version Mouelhi du modèle GR2M, qui est celle utilisée au cours de cette étude, paraît plus performante et donc fiable pour établir un bilan hydrologique. Toutefois, le modèle a tendance à sous-estimer les débits observés. Cette contre-performance pourrait avoir deux origines: les contrastes climatiques et la non- prise en compte des états de surface du bassin versant (Diello, 2007).

#### **4.2.2 EVALUATION DU BILAN HYDROLOGIQUE À L'ÉCHELLE MENSUELLE**

Les bilans hydrologiques mensuels établis à partir du modèle GR2M, mettent en évidence une dominance, soit de l'écoulement ou de l'évapotranspiration réelle sur les autres paramètres respectivement sur les périodes 2000-2008 et 2009-2018. Les fortes valeurs de l'évapotranspiration seraient dues au caractère sempervirent de la forêt sur le bassin où, à toute période de l'année, la majorité des arbres est feuillue et cela accroîtrait son pouvoir évaporatoire. La réduction de l'écoulement découlerait de la prédominance de l'évapotranspiration. En effet, la forte couverture végétale en interceptant une grande part des eaux de pluie, contribue de façon complexe à sa redistribution entre les composantes du cycle hydrologique (Cosandey, *et al.*, 2000). Cependant, la faible évapotranspiration face à l'écoulement pourrait s'expliquer par la saturation du pouvoir évaporant de l'atmosphère qui serait atteinte plus tôt (Kouadio, 2015). L'analyse des valeurs de l'infiltration donne des indications sur la recharge de la nappe au cours des mois de l'année. Au cours des mois de novembre à février d'une part et d'autre part juillet et août, les lames d'eau infiltrées calculées sont toutes négatives. Ces différents mois constituent la grande et la petite saison sèche. Par ailleurs sur la période 2009-2018, le mois de septembre qui fait partie de la saison pluvieuse a enregistré une valeur négative de l'infiltration. A l'opposé, les périodes prenant en compte les mois d'avril, mai et juin sont consécutives à des valeurs positives d'infiltration. On pourrait ainsi dire que sous forêt, il faudrait une forte pluviométrie pour espérer avoir une infiltration. Pendant les mois où la pluviométrie est faible l'évapotranspiration réelle semble prendre les valeurs dans les réserves du mois précédent pour atteindre sa valeur maximale. Ainsi, la réserve commence à s'épuiser jusqu'à atteindre une valeur nulle ou négative pour satisfaire les autres exigences. Ce comportement hydrologique du bassin versant forestier de la Hana a été remarqué sur le bassin versant du Boubo en Côte d'Ivoire par Kouadio *et al.* (2015).

#### **4.2.3 RELATION ENTRE NDVI ET TERMES DU BILAN HYDROLOGIQUE**

Sur les deux sous-périodes (2000-2009 et 2010-2018), le NDVI est fortement corrélé avec la pluie et l'évapotranspiration réelle. Cette corrélation devient davantage forte quand on passe de la sous-période 2000-2009 à la sous-période 2010-2018. Ainsi, les liens entre le NDVI et ces deux paramètres semblent s'améliorer à mesure que le NDVI augmente. La bonne corrélation NDVI-pluie montre que la pluie et forêt (NDVI) sont sans conteste liés puisque, plus il pleut et plus la végétation naturelle est dense. Ces résultats concordent à ceux de Malo et Nicholson (1990) qui, en étudiant la relation entre pluies et NDVI au Niger et au Mali ont abouti à la conclusion que le NDVI mensuel est directement fonction des précipitations mensuelles. Des corrélations similaires de l'ordre de 0,63 entre la pluie et le NDVI, ont été obtenues par Philippon *et al.* (2008), Philippon *et al.* (2014) respectivement en Afrique semi-aride sub-saharienne et dans la corne de l'Afrique de l'Est (Kenya, de Tanzanie, d'Éthiopie et de Djibouti). Aussi, Diallo *et al.* (2009) ont obtenu des valeurs élevées du coefficient de corrélations dans l'ordre 0,74 à 0,87 sur 7 stations météorologiques du bassin versant de Kou au Burkina Faso.

Aussi, avons-nous obtenu d'assez bonne corrélation entre le NDVI et l'évapotranspiration réelle. Cela pourrait s'expliquer par le fait qu'à priori, une végétation saine (symbolisée par un bon NDVI) présente une assez bonne évapotranspiration. Ces résultats sont confortés par ceux de plusieurs auteurs. Traoré (2007), dans le bassin versant du Kou au Burkina Faso, a obtenu des corrélations très fortes à telle enseigne qu'il suggère une estimation indirecte de l'évapotranspiration à travers le NDVI. Pour lui, il suffirait désormais de calibrer nos valeurs d'indice de végétation pour leur faire correspondre des valeurs d'évapotranspiration réelle. Cela permettrait, en plus, un suivi assez régulier de l'évapotranspiration, en tenant compte des résolutions temporelles des images NDVI basse résolution qui sont assez bonnes (10 jours pour SPOT Végétation; 16 jours pour MODIS). Remi *et al.*, (2005) abonde dans le même sens. Pour ces auteurs, l'ETR explique une part importante des variations du NDVI, du point de vue temporel. La corrélation entre le NDVI et l'écoulement reste mitigée. On note une bonne corrélation entre ces deux paramètres seulement sur la période d'après rupture. Aussi, l'infiltration fait la fausse note. Sa corrélation avec le NDVI varie du très faible au moyen. Ces deux termes sont des paramètres complexes. Ils dépendent outre la couverture végétale et la pluie, des facteurs pédologiques, la géologiques et anthropiques.

### **5 CONCLUSION**

L'objectif de cette étude était d'établir des liens statistiques entre les paramètres du bilan hydrologique et l'indice normalisé de végétation NDVI et en vue de caractériser l'impact de la dynamique forestière sur ceux-ci.

Pour ce faire, des NDVI extraits des images satellites MODIS MOD13Q1 ont été mis en relation avec les paramètres du bilan hydrologique issus du modèle GR2M. Ce bilan a été établi de part et d'autre de la date rupture décelée dans les séries temporelles et chronologiques de NDVI. Ainsi, les valeurs de Nash issues des phases de calage et de validation sont assez satisfaisantes pour justifier l'utilisation du modèle GR2M dans l'évaluation des termes du bilan hydrologique.

Une représentation graphique du NDVI et des différents termes du bilan dans un même plan et autour de la période de rupture révèle une coévolution adéquate entre le NDVI et les paramètres comme la pluie, l'évapotranspiration réelle et l'écoulement. Quant

à l'infiltration, elle présente une discordance dans son évolution avec celle du NDVI. L'analyse statistique de ces relations fait montre d'une forte corrélation entre le NDVI et lesdits paramètres exceptée l'infiltration qui a enregistré un coefficient négatif sur la période 2000-2009. La connaissance du rôle hydrologique de la forêt dans le bassin versant de la Hana devrait passer par celui de ses effets sur les paramètres du bilan hydrologique vue les fortes corrélations qui les lient.

## REFERENCES

- [1] André M (2014): Variabilité spatio-temporelles des précipitations à La Réunion et impact sur la végétation. Climatologie. Mémoire de Master, université Joseph Fourier, Grenoble, 63 p.
- [2] Andrieu J. (2018): Analyse de la cinématique de la végétation en côte d'ivoire pendant les conflits à travers une métrique phénologique et la corrélation de Kendall de deux séries temporelles de NDVI. *Tropicultura*, 63. 2, 258-270.
- [3] Ardoin B.S. (2004): Variabilité hydroclimatique et impacts sur les ressources en eau de grands bassins hydrographiques en zone soudano-sahélienne. Thèse de doctorat, Université Montpellier II, Montpellier, 240 pages.
- [4] Avénard J.M. (1971): Aspects de la géomorphologie. In: In: Le milieu naturel de Côte d'Ivoire. Mémoires ORSTOM n°50.
- [5] Brochart D, Andréassian V (2014): Correction des estimations des pluies par satellite pour les bassins versants de Guyane française. *Bulletin des Séances de l'Académie Royale des Sciences d'Outre-Mer*, Bruxelles: Académie royale des sciences d'outre-mer, 1959-, 2014, 60 (2), pp.361-370. fffhal-01504441.
- [6] Cosandey C., Martin C, et DIDON-LESCOT J.F (2000): Forêt et écoulements: étude des d'une coupe forestière sur le bilan d'écoulement annuel, les crues et les étiages. Rapport sectoriel pour le rapport final du contrat européen FOREX, 34 p.
- [7] Coulibaly D (2018): Parc national de Taï en côte d'ivoire: entre enjeux de conservation et enjeux économiques. *Revue Africaine d'Anthropologie*, Nyansa-Pô, n° 27.
- [8] Diallo M. D, Compaoré N.F, Yacouba H. et Karambiri H, Ye D, Deprez F, Tychon B, Traoré F, Derouane J. (2009): Renforcement structurel de la capacité de gestion des ressources en eau pour l'agriculture dans le bassin du Kou. Rapport technique NO 2 (2007 – 2008).
- [9] Diello P, Mahé G, Paturel J-E, Alain D, François D, Servat E et Frederic O. (2005): Relations indices de Végétation–Pluie au Burkina Faso: Cas du Bassin Versant du Nakambé/Relationship between Rainfall and Vegetation Indexes in Burkina Faso: A Case Study of the Nakambé Basin, *Hydrological Sciences Journal*, 50: 2, -221,.
- [10] Diello P. (2007): Interrelations Climat – Homme – Environnement dans le Sahel Burkinabé: impacts sur les états de surface et la modélisation hydrologique, Thèse de doctorat de l'Université de Montpellier2, 304p.
- [11] Dieng B., Bazie P and Schmitt A. (1991): Transfert d'eau en milieu poreux non saturé. Recharge des nappes en climat soudano-sahélien. In: Utilisation rationnelle de l'eau des petits bassins versants en zone, " Actes des journées scientifiques de Thiès, AUPEL-UREF.
- [12] Fadika V, Dao A, Soro G. E, Goula B. T. A et Savane I (2019): Test of simulation of discharges from an ungauged basin in the South-West Côte d'Ivoire in equatorial climate. *International Journal of Scientific & Engineering Research* Volume 10, Issue 9.
- [13] Gaume E. (2009): Hydrologie de versants et de bassins versants et modélisation pluie-débit. Master 2 Sciences et Génie de l'Environnement, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées de Paris, 86 p.
- [14] Gregoire J-M., Ferrari G. (1990): Suivi par télédétection des changements d'état de surface sur les bassins versants du Haut-Sénégal, de la Gambie et du Rio Corubal (novembre 1987 – décembre 1988). *Télédétection et sécheresse*, paris, pp 81-93.
- [15] Kouadio Z. A, Kouakou K. E, Konan-W. A. B, GOULA B. T.A et SAVANE I. (2015): Modélisation du comportement hydrologique du bassin versant du Boubo en milieu tropical humide de la Côte d'Ivoire par l'application du modèle hydrologique distribué CEQUEAU.
- [16] KOUAKOU K. E., KOUASSI A. M., KOUADIO Z. A., GOULA B. T. A. and SAVANE I. (2016): Modélisation hydrologique du bassin versant de la Comoé dans un contexte de changement climatique, *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 15, No 4 (2016) 799 -811.
- [17] Lavabre, J., Folton, N. & Cernesson, F. (1993): - BVRE du Réal Collobrier. Modélisation des écoulements mensuels. 1er workshop DM2E, 24-25 novembre 1993, Aix-en-Provence.
- [18] Makhoulouf Z., Michel C. (1994). A two- parameter monthly water balance model for french watersheds, *Journal of Hydrology*, n°162, pp 299-318.
- [19] Malo, A. R., and Nicholson, S. E. (1990): A study of rainfall and vegetation dynamics in the African Sahel using normalized difference vegetation index. *Journal of Arid Environments* 19, 1-24.
- [20] Mouehli S, (2003): Vers une chaîne cohérente de modèles pluie-débit conceptuels globaux aux pas de temps pluriannuel, annuel, mensuel et journalier. Thèse de doctorat de l'ENGREF, Cemagref (Antony), Université Paris VI.
- [21] Nash J. E. and Sutcliffe J. V. (1970): River flow forecasting through conceptual models; Part I: a discussion of principles, ". *Journal of hydrology*, vol.10, pp. 282-290.
- [22] OIPR. (2015): Plan d'aménagement et de gestion du Parc National de Taï 2014-2018, 141 p.

- [23] Ouédraogo M. (2001): Contribution à l'étude de l'impact de la variabilité climatique sur les ressources en eau en Afrique de l'ouest. Analyse des conséquences d'une sécheresse persistante: normes hydrologiques et modélisation régionale, Thèse de doctorat, Université de Montpellier II.
- [24] Paturel J. E., Servat E., Dezetter A., Boyer J. F., Laroche C., Mounirou L., Lubes-Niel H. et Mahe G. (2006): Modélisation hydrologique et regionalisation en Afrique de l'Ouest et centrale Large Sample Basin Experiments for Hydrological Model Parameterization: Results of the Model Parameter Experiment–MOPEX. IAHS Publ. 307, 2006.
- [25] Paturel J.E., Servat E., Kouamé B., Boyer J. F., Lubès H., et Masson J.M., (1995): Manifestations de la sécheresse en Afrique de l'Ouest non sahélienne. Cas de la Côte d'Ivoire, du Togo et du Bénin. Sécheresse, 6 (1), pp. 95-102.
- [26] Pearson K. (1896): Mathematical contributions to the theory of evolution. III. Regression, Heredity and Panmixia, Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 187, 253–318.
- [27] Perrin C, Claude M, Andréassian V. (2007): Modèles hydrologiques du Génie Rural (GR), Cemagref, 16 p.
- [28] Philippon N, Nadège M, Pierre C., Yves R (2008): impact des précipitations sur l'activité photosynthétique de la végétation en Afrique semi-aride sub-saharienne. Journées de Climatologie - Climat et société: Climat et végétation.
- [29] Philippon N., Camberlin P., Moron V., Gitau W., Ozer P (2014): Evolution récente des précipitations de mars-mai en Afrique de l'Est: configurations spatiales et évolution saisonnière, XXVIIe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie 2-5, Dijon France.
- [30] Rémi L, Dubreuil V, Hubert-Moy Laurence (2005): Suivi de l'occupation hivernale des sols par télédétection basse résolution en paysage fragmenté: comparaison de séries temporelles de NDVI noaa/avhrr, spot/végétation et eos/modis, Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21, INPE, p. 3093-3095.
- [31] Rim A. (2013): Estimation régionale de l'évapotranspiration sur la plaine de Kairouan (Tunisie) à partir de données satellites multi-capteurs, thèse de doctorat de l'université de Toulouse, 195 p.
- [32] SEP-REDD+ et FAO. (2017). Données forestières de base pour la REDD+ en Côte d'Ivoire inventaire de la biomasse forestière pour l'estimation des facteurs d'émission, 76 p.
- [33] Shrestha M. (2015). Data analysis relied on linear scaling bias correction (V.1.0) Microsoft Excel file.
- [34] TRAORE F (2007): Méthodes d'estimation de l'évapotranspiration réelle à l'échelle du bassin versant du Kou au Burkina Faso. Mémoire de fin d'étude de Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA) en Sciences et Gestion de l'Environnement, Université de Liège, 133p.
- [35] Vissin E. W (2007): Impact de la variabilité climatique et de la dynamique des états de surface sur les écoulements du bassin béninois du fleuve Niger. Thèse de doctorat, Université de Bourgogne, 311 p.
- [36] Xingtu L, Nana L, Dehua M and Bolong W (2020). Climate Change Affected Vegetation Dynamics in the Northern Xinjiang of China: China: Evaluation by SPEI and NDVI.

## Etude chimique et activité antioxydante des huiles essentielles de deux Annonaceae endémiques (*Uvaria chamae* et *Monanthotaxis capea*) de Côte d'Ivoire

### [ Chemical study and antioxidant activity of essential oils of two endemic Annonaceae (*Uvaria chamae* and *Monanthotaxis capea*) from Ivory Coast ]

Oussou Kouamé Raphaël<sup>1</sup>, Choho Meney Frédéric<sup>1</sup>, Kassi Amian Brise Benjamin<sup>2</sup>, and Dongui Bini Kouamé<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Laboratoire de Constitution et Réaction de la Matière, Université Félix Houphouët-Boigny, 22 BP 582 Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2020 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:** Taking into account, the diversity and seriousness of diseases induced by oxidative stress, several scholars in made research in new antioxidant in order to fight against oxidative stress and associated pathologies. This study aims to evaluating the antioxidant activity of essential oil of *Uvaria chamae* and *Monanthotaxis capea* two medicinal plants from the Côte d'Ivoire. These oils were then analysed by GC-SM and nuclear magnetic resonance. The antioxidant activity of these oils was evaluated by the DPPH and ABTS tests.

The essential oils of *U. chamae* contain  $\beta$ -caryophyllene (35.88 %), and germacrene D (10.67 %) while leaves of *Monanthotaxis capea* are mainly made of Precocene I (30.12 %), menthyl acetate (17.01 %), and Sesquisabinene A (12.14 %). The results show that the oils of *Uvaria chamae* and ABTS have good antioxidant activity compared to the oil from *Monanthotaxis capea*.

**KEYWORDS:** Chemical Compound; Antioxidant activity, *Uvaria chamae*, *Monanthotaxis capea*.

**RESUME:** Vu la diversité et la gravité des maladies qu'induit le stress oxydatif, plusieurs équipes de chercheurs se sont investis dans la recherche de nouveaux antioxydants en vue de lutter contre le stress oxydant et ses pathologies associées.

Cette étude se propose de déterminer la composition chimique et d'évaluer l'activité antioxydante des huiles essentielles de *Uvaria chamae* et *Monanthotaxis capea*, deux plantes médicinales de la pharmacopée ivoirienne.

Ces huiles ont été ensuite analysées par CPG-SM et la RMN. L'évaluation de l'activité antioxydante de ces huiles a été réalisée par les tests de DPPH et ABTS.

Les résultats des analyses montrent que les huiles essentielles *Uvaria chamae* renferment en majorité le  $\beta$ -caryophyllène (35,88 %), le germacrène D (10,67 %) et l' $\alpha$ -humulène (6,13 %), et celles de *Monanthotaxis capea* sont constituées de Précocène I (30,12 %), Acétate de menthyle (17,01 %) et de Sesquisabinène A (12,14 %). Les huiles de *Uvaria chamae* possèdent la meilleure activité antioxydante par rapport à celles de *Monanthotaxis capea*.

**MOTS-CLEFS:** Composition chimique; activité antioxydante, *Uvaria chamae*; *Monanthotaxis capea*.

## 1 INTRODUCTION

Le radical superoxyde ( $O_2^{\cdot-}$ ), le radical hydroxyle ( $\cdot OH$ ) et le peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ) sont des intermédiaires réduits de l'oxygène appelés espèces réactives de l'oxygène (ERO) (M. Gardès-Albert et al; 2001) Ce sont des oxydants puissants très réactifs qui agissent sur les molécules de base telles que les protéines, les lipides et les acides nucléiques affectant les mécanismes cellulaires. Ce phénomène pourrait favoriser l'apparition de certaines pathologies liées au stress oxydatif telles que les maladies cardiovasculaires, les maladies neurodégénératives ainsi qu'un vieillissement prématuré et le cancer (Guillouty, 2016; Codoñer-Franch et al, 2003).

Pour réduire ce stress oxydatif, l'homme va consommer plusieurs aliments riches en antioxydants tels que les épices mais aussi des antioxydants de synthèse comme le BHT; le BHA dont leur consommation présente souvent des dangers pour l'organisme. En effet, le BHA entraînerait une hyperproduction d'enzymes microsomaux des hépatocytes, très toxiques et ou



cancérigènes pour l'organisme. Face à ces menaces, il est indéniable de mener de nouvelles recherches afin de découvrir de nouveaux antioxydants d'origine naturelle et non toxiques.

C'est dans ce contexte que les plantes aromatiques en particulier leurs huiles essentielles ont fait l'objet de plusieurs recherches. En effet, DJEDI et *al* en 2015 ont montré que les huiles essentielles des espèces végétales du genre *Thymus* avaient un puissant pouvoir antioxydant *in vitro*

A notre connaissance, les études réalisées sur les pouvoirs antioxydants des huiles essentielles de *Monanthes toxis* et *Uvaria chamae* deux espèces endémiques d'Afrique sont rares voire inexistantes.

L'objectif de ce travail, est donc d'évaluer le pouvoir antioxydant et de caractériser chimiquement les huiles essentielles de ces deux espèces de la famille des Annonaceae.

## **2 MATÉRIEL ET MÉTHODES**

### **2.1 MATÉRIEL VÉGÉTAL**

Les feuilles fraîches de *Uvaria chamae* et de *Monanthes toxis* ont été récoltées en janvier 2019 dans la région d'Agboville (SUD de la Côte d'Ivoire). Elles ont été acheminées au laboratoire et authentifiées par le Centre National de Floristique (CNF) de l'Université Félix Houphouët-Boigny.

### **2.2 EXTRACTION DES HUILES ESSENTIELLES**

Les huiles essentielles sont obtenues par entraînement à la vapeur d'eau des feuilles fraîches de *Uvaria chamae* et de *Monanthes toxis* (24 heures après la récolte) pendant 3 heures dans un extracteur de type Clevenger.

### **2.3 ANALYSE CHIMIQUE DES HUILES ESSENTIELLES**

Pour l'analyse des extraits d'huiles essentielles nous avons utilisé les techniques d'analyse physicochimiques suivantes: la résonance magnétique nucléaire (RMN du proton et du carbone 13), la chromatographie en phase gazeuse (CPG) et le couplage CPG/SM. Ces analyses chimiques ont été réalisées en Corse (France).

Les spectres de RMN sont enregistrés à l'aide d'un appareil de type Bruker (Bruker BioSpin AG). Le solvant d'élution est le chloroforme deutérié (CDCl<sub>3</sub>). Les déplacements chimiques ( $\delta$  en ppm) sont comparés au TMS pris comme référence interne.

Il est équipé d'une sonde de 5 à 10 mm, opérant à 400,132 MHz pour le proton ou à 100,623 MHz pour le carbone 13.

### **2.4 EVALUATION DE L'ACTIVITÉ ANTIOXYDANTE**

Dans cette étude, nous avons utilisé deux différents tests chimiques à savoir: Le test de l'effet scavenger du radical 2,2-diphényl-1-1-picryl-hydrazyl (DPPH) et du test de l'ABTS « Acide 2,2'-azino-bis- (3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique) ».

#### **PIEGEAGE DU RADICAL LIBRE DPPH• (2,2-DIPHENYL-1- PICRYLHYDRAZYL)**

Le DPPH• (2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl) est un radical libre stable de couleur violacée qui absorbe à 517nm. En présence de composés anti-radicalaires, le radical DPPH est réduit et change de couleur en virant au jaune. Les absorbances mesurées à 517 nm servent à calculer le pourcentage d'inhibition du radical DPPH, qui est proportionnel au pouvoir anti radicalaire de l'échantillon (Parejo et *al* 2002). Le mécanisme d'inhibition du DPPH est présenté par la figure 1.

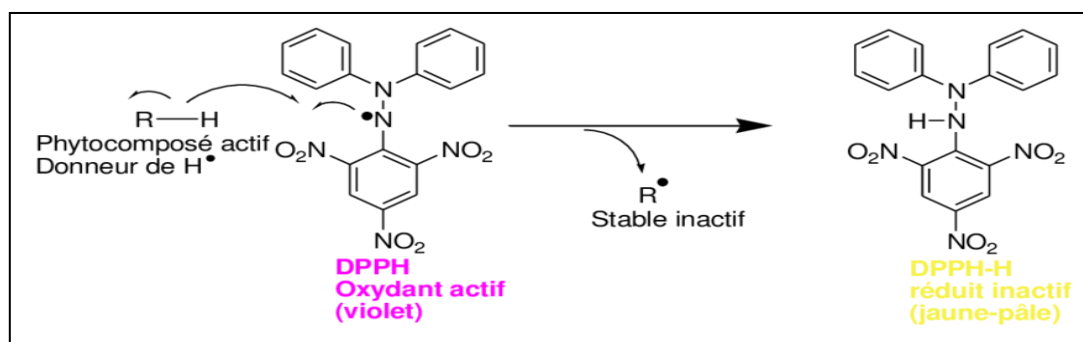


Fig. 1. Mécanisme d'inhibition du radical DPPH•

Cette méthode est basée sur la mesure de la capacité des antioxydants à piéger le radical DPPH. L'effet de chaque extrait sur le DPPH est mesuré par la procédure décrite par Diomandé et al, en 2018.

On prépare une solution méthanolique de DPPH à 0.4 mM. (La Densité Optique ou DO de la solution DPPH est: 1,693).

A l'aide d'une micropipette de 200 µL, on réalise une série de 6 dilutions de raison 2, à partir de 200 µL d'huile essentielle. On distribue par la suite 3 µL de DPPH dans chaque tube à hémolyse. Les tubes sont incubés à 30°C à l'obscurité pendant 30 mn.

L'absorbance est lue à 517 nm contre du méthanol.

Une autre gamme d'étalonnage est réalisée en utilisant le trolox à la place de l'huile essentielle.

Le trolox (acide 6- hydroxy-2,5,7,8-tétraméthylchroman-2-carboxylique) a été utilisé comme contrôle positif et le méthanol comme contrôle négatif pour la préparation des différentes dilutions des HE.

#### - EXPRESSION DES RESULTATS

##### Calcul des pourcentages d'inhibitions

Nous avons calculé les pourcentages d'inhibition par la formule suivante

$$I(\%) = \frac{DO_{\text{blanc}} - DO_{\text{échantillon}}}{DO_{\text{blanc}}} \times 100$$

**DO<sub>blanc</sub>**: densité optique du blanc (du contrôle négatif, le méthanol)

**DO<sub>échantillon</sub>**: densité optique de l'échantillon testé

##### Calcul des concentrations efficaces CI<sub>50</sub>

La concentration de l'échantillon testé nécessaire pour réduire 50 % de radical DPPH•, la **CI<sub>50</sub>** (concentration inhibitrice de 50 %) ou encore EC<sub>50</sub> (Efficient concentration 50), est déterminée graphiquement par les régressions linéaires des graphes tracés (pourcentages d'inhibition en fonction des différentes concentrations des fractions testées).

Plus la **CI<sub>50</sub>** est faible plus l'activité antioxydante est élevée.

#### TEST D'ABTS

##### - PRINCIPE

L'activité anti radicalaire des extraits est déterminée par une méthode basée sur la réduction du radical ABTS•<sup>+</sup> « acide 2,2'-azino-bis- (3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique) » qui est utilisé comme un radical libre pour évaluer l'activité antioxydante des échantillons. Ce radical cationique est facilement formé par oxydation en présence de persulfate de potassium pour donner une solution colorée en vert (Prouillac C, 2009).

L'addition d'un antioxydant à une solution de ce radical cationique entraîne la réduction de ce radical et une diminution de l'absorbance. Cette diminution dépend de l'activité antioxydante des composés testés, du temps et de la concentration (Ré 1999).

Le pourcentage d'inhibition du radical ABTS<sup>•+</sup> est évalué par la méthode de Ramful et al, (2010). Le radical ABTS<sup>•+</sup> est produit en mélangeant une solution de ABTS 7mM à une solution de persulfate de potassium 2.6mM. Ce mélange est incubé à l'obscurité à température ambiante pendant 12 à 16 heures. Le ratio du mélange est 1: 1 (v/v). 1 mL de la solution est mélangé avec 60 mL de méthanol pour avoir une solution dont la DO est comprise entre 1 et 1.5 à 734 nm.

A l'aide d'une micropipette, on réalise une double dilution de 200µL de raison 2 de l'huile essentielle dans du méthanol pur dans des tubes à hémolyse. A ces différentes solutions, sont mélangés 3 mL de réactif d'ABTS<sup>•+</sup>. Les tubes sont incubés à l'obscurité pendant 30 mn. L'absorbance est lue à 734 nm. Le Trolox (acide 6- hydroxy-2,5,7,8-tétraméthylchroman-2-carboxylique) est utilisé comme contrôle positif et le méthanol comme contrôle négatif pour la préparation des différentes dilutions d'huile.

#### - EXPRESSION DES RESULTATS

Dans ce test, l'expression des résultats est faite comme précédemment (test de DPPH)

### 3 RÉSULTATS

#### 3.1 CARACTÉRISATION CHIMIQUE DES HUILES ESSENTIELLES

##### UVARIA CHAMAE

La composition chimique de l'huile essentielle des feuilles fraîches de *Uvaria chamae* sont consignée dans le tableau I.

**Tableau 1. Composition chimique de l'huile essentielle des feuilles fraîches de *Uvaria chamae***

| N° | KI   | Composés identifiés    | Teneur en (%) |
|----|------|------------------------|---------------|
| 1  | 920  | Tricyclène             | 0,63          |
| 2  | 925  | $\alpha$ -thujène      | 0,14          |
| 3  | 931  | $\alpha$ -pinène       | 1,03          |
| 4  | 947  | Camphène               | 0,62          |
| 5  | 971  | Sabinène               | Tr            |
| 6  | 975  | $\beta$ -pinène        | 2,17          |
| 7  | 989  | Myrcène                | 2,37          |
| 8  | 1005 | $\delta$ -3- carène    | Tr            |
| 9  | 1015 | $\alpha$ -terpinène    | Tr            |
| 10 | 1023 | p-cymène               | 1,34          |
| 11 | 1028 | Limonène               | 0,88          |
| 12 | 1030 | Eucalyptol             | 1,21          |
| 13 | 1037 | (Z) - $\beta$ -ocimène | 1,51          |
| 14 | 1047 | (E) - $\beta$ -ocimène | Tr            |
| 15 | 1056 | $\gamma$ -terpinène    | 0,11          |
| 16 | 1082 | Terpinolène            | Tr            |
| 17 | 1101 | Linalol                | 1,87          |
| 18 | 1144 | Camphre                | Tr            |
| 19 | 1153 | Menthone               | Tr            |
| 20 | 1158 | Bornéol                | 0,21          |
| 21 | 1181 | Terpinène-4-ol         | 1,9           |
| 22 | 1193 | $\alpha$ -terpinéol    | 0,23          |
| 23 | 1227 | Thymol méthyl ether    | 0,65          |
| 24 | 1236 | Carvacrol méthyl ether | 0,19          |
| 25 | 1249 | Géranol                | 0,1           |
| 26 | 1281 | Acétate de bornyle     | 0,1           |
| 27 | 1291 | Thymol                 | 1,05          |
| 28 | 1298 | Carvacrol              | Tr            |
| 29 | 1331 | $\delta$ -élémane      | 1,58          |
| 30 | 1344 | $\alpha$ -cubébène     | 0,22          |

|                                        |             |                                          |              |
|----------------------------------------|-------------|------------------------------------------|--------------|
| 31                                     | 1375        | $\alpha$ -copaène                        | 1,91         |
| 32                                     | 1380        | $\beta$ -bourbonnène                     | Tr           |
| 33                                     | 1389        | $\delta$ -élémente                       | 2,99         |
| <b>34</b>                              | <b>1426</b> | <b><math>\beta</math> -caryophyllène</b> | <b>35,88</b> |
| 35                                     | 1431        | $\beta$ -copaène                         | 0,04         |
| 36                                     | 1433        | $\alpha$ - guaiène                       | 0,05         |
| <b>37</b>                              | <b>1456</b> | <b><math>\alpha</math> -humulène</b>     | <b>6,13</b>  |
| <b>38</b>                              | <b>1485</b> | <b>germacrène D</b>                      | <b>10,69</b> |
| 39                                     | 1495        | $\alpha$ -epi-cubénol                    | 1,44         |
| 40                                     | 1497        | $\beta$ - trans-guaién                   | 1,72         |
| 41                                     | 1502        | (E, E) - $\alpha$ -farnésène             | 0,28         |
| 42                                     | 1510        | $\gamma$ -cadinène                       | 0,54         |
| 43                                     | 1517        | $\delta$ -cadinène                       | 1,85         |
| 44                                     | 1548        | elemol                                   | 0,1          |
| 45                                     | 1559        | germacrène B                             | 3,52         |
| 46                                     | 1581        | Oxyde de caryophyllène                   | 2,19         |
| 47                                     | 1607        | 1,2 epoxy-Humulène                       | 0,1          |
| 48                                     | 1639        | $\alpha$ -epi-cadinol                    | 0,99         |
| 49                                     | 1654        | $\alpha$ -cadinol                        | 1,79         |
| 50                                     | 1769        | Benzoate de benzyle                      | 1,53         |
| <b>Total en pourcentages (%)</b>       |             |                                          | <b>93,85</b> |
| <i>Hydrocarbures monoterpeniques</i>   |             |                                          | <i>10,8</i>  |
| <i>Hydrocarbures sesquiterpeniques</i> |             |                                          | <i>67,4</i>  |
| <b>Hydrocarbures</b>                   |             |                                          | <b>78,2</b>  |
| <i>Monoterpènes oxygénés</i>           |             |                                          | <i>5,62</i>  |
| <i>Sesquiterpènes oxygénés</i>         |             |                                          | <i>6,61</i>  |
| <b>Composés oxygénés</b>               |             |                                          | <b>12,23</b> |
| <b>Composés aromatiques</b>            |             |                                          | <b>3,42</b>  |

KI= Indice de Kovalt

**MONANTHOTAXIS CAPEA**

La composition chimique de l'huile essentielle des feuilles fraîches de *M. capea* sont consignée dans le tableau 2.

**Tableau 2. Composition chimique de l'huile essentielle des feuilles fraîches de *M. capea***

| N°        | Composés identifiés            | IKA         | IKP         | Teneur en %  |
|-----------|--------------------------------|-------------|-------------|--------------|
| 1         | $\alpha$ - pinène              | 931         | 1022        | 0,2          |
| 2         | $\beta$ - pinène               | 970         | 1110        | 0,21         |
| 3         | limonène                       | 1020        | 1199        | 0,16         |
| 4         | cis hydrate de sabinène        | 1083        | 1541        | 0,38         |
| <b>5</b>  | <b>citronellal</b>             | <b>1131</b> | <b>1479</b> | <b>7,12</b>  |
| 6         | carvone                        | 1222        | 1739        | 0,33         |
| 7         | carvacryl méthyl oxide         | 1232        | 1601        | 0,1          |
| 8         | géraniol (citril)              | 1237        | 1731        | 0,34         |
| 9         | menth-2-ène para 1,4 dihydroxy | 1245        | 2073        | 0,11         |
| <b>10</b> | <b>néoiso acétate menthyl</b>  | <b>1295</b> | <b>1578</b> | <b>17,01</b> |
| 11        | géraniol de méthyle            | 1301        | 1680        | 4,96         |
| 12        | cis acétate de carvyle         | 1343        | 1767        | 0,34         |
| 13        | eugénol méthyle                | 1367        | 2009        | 1,9          |
| 14        | $\beta$ - élemène              | 1388        | 1589        | 0,57         |
| 15        | $\beta$ - funebreène           | 1419        | 1607        | 2,11         |
| 16        | Trans $\alpha$ - bergamotène   | 1432        | 1580        | 4,38         |
| 17        | trans cinnamate d'éthyle       | 1434        | 2120        | 4,44         |
| 18        | thujopsène                     | 1435        | 1617        | 6,83         |
| <b>19</b> | <b>sesquisabinène A</b>        | <b>1437</b> | <b>1636</b> | <b>12,14</b> |

|                                        |                            |      |      |              |
|----------------------------------------|----------------------------|------|------|--------------|
| 20                                     | Précocène I                | 1441 | 2070 | 30,12        |
| 21                                     | (E) $\beta$ farnésène      | 1448 | 1661 | 0,11         |
| 22                                     | $\alpha$ -humulène         | 1456 | 1665 | 1,95         |
| 23                                     | $\beta$ -ionone            | 1466 | 1936 | 0,97         |
| 24                                     | $\gamma$ - muurolène       | 1471 | 1681 | 0,12         |
| 25                                     | $\beta$ - sélinène         | 1483 | 1712 | 0,7          |
| 26                                     | bicyclo germacrène         | 1494 | 1727 | 0,4          |
| 27                                     | Z $\alpha$ -bisabolène     | 1494 | 1734 | 0,21         |
| 28                                     | $\delta$ -cadinène         | 1516 | 1752 | 0,11         |
| 29                                     | cèdrol                     | 1597 | 2121 | 0,32         |
| 30                                     | patchoulol                 | 1657 | 2185 | 0,1          |
| 31                                     | Acétate de 2E,6E farnésyle | 1822 | 2267 | 0,11         |
| <b>Total en pourcentages (%)</b>       |                            |      |      | <b>98,85</b> |
| <i>Hydrocarbures monoterpéniques</i>   |                            |      |      | 5,33         |
| <i>Hydrocarbures sesquiterpéniques</i> |                            |      |      | 48,42        |
| <b>Hydrocarbures</b>                   |                            |      |      | <b>53,75</b> |
| <i>Monoterpènes oxygénés</i>           |                            |      |      | 8,34         |
| <i>Sesquiterpènes oxygénés</i>         |                            |      |      | 36,76        |
| <b>Composés oxygénés</b>               |                            |      |      | <b>45,1</b>  |
| <i>Composés aromatiques</i>            |                            |      |      | 0            |
| <b>Total</b>                           |                            |      |      | <b>98,85</b> |

IKA = Indice de Kovalt sur colonne Apolaire; IKP = Indice de Kovalt sur colonne Polaire

### 3.2 ACTIVITÉ ANTIOXYDANTE DES EXTRAITS IN VITRO

#### 3.2.1 TEST DU RADICAL DPPH

##### 3.2.1.1 DÉTERMINATION DU POURCENTAGE D'INHIBITION

La mesure de l'absorbance (ou densité optique DO) a été effectuée par spectrophotométrie à 517 nm, à partir des valeurs obtenues, nous avons calculé les pourcentages d'inhibition en utilisant la formule de calcul du pourcentage d'inhibition décrite dans la partie 2.3.

**Tableau 3.** Mesures des différentes absorbances du test de DPPH des extraits et du Trolox

|                        |              |       |       |        |       |       |               |
|------------------------|--------------|-------|-------|--------|-------|-------|---------------|
| <i>Uvaria chamae</i>   | Con (mg/mL)  | 0,03  | 0,06  | 0,12   | 0,24  | 0,48  | 0,96          |
|                        | DO           | 1,641 | 1,575 | 1,4823 | 1,339 | 1,010 | <b>0,2773</b> |
|                        | % inhibition | 3,072 | 6,97  | 12,44  | 20,91 | 40,34 | <b>83,61</b>  |
| <i>Monanthes toxis</i> | Con (mg/mL)  | 0,024 | 0,048 | 0,096  | 0,193 | 0,386 | <b>0,773</b>  |
|                        | DO           | 1,675 | 1,604 | 1,496  | 1,306 | 1,068 | <b>0,79</b>   |
|                        | % inhibition | 1,063 | 5,26  | 11,64  | 22,86 | 36,92 | <b>53,34</b>  |
| Trolox                 | Con (mg/mL)  | 0,312 | 0,625 | 1,25   | 2,5   | 5     | <b>10</b>     |
|                        | DO           | 0,494 | 0,145 | 0,018  | 0,014 | 0,011 | <b>0,009</b>  |
|                        | % inhibition | 70,82 | 91,44 | 98,94  | 99,17 | 99,35 | <b>99,47</b>  |

Con (mg/mL) = Concentration en mg/mL; DO = Densité Optique; % inhibition = Pourcentage d'inhibition

Les valeurs obtenues (tableau III) ont permis de tracer les courbes qui représentent les variations des pourcentages d'inhibition du DPPH par les extraits et le Trolox en fonction des concentrations

##### 3.2.1.2 DÉTERMINATION GRAPHIQUE DES CONCENTRATIONS INHIBITRICES À 50% (CI<sub>50</sub>)

Pour mieux comprendre le pouvoir antioxydant des extraits étudiés; les valeurs des CI<sub>50</sub> (mg /mL) ont été déterminées. Ce sont des concentrations d'huile essentielle qui inhibent 50% des radicaux libres représentés par la DPPH *in-vitro*. Elles sont

déterminées graphiquement à l'aide de la courbe des pourcentages d'inhibition en fonction des différentes concentrations des fractions testées.

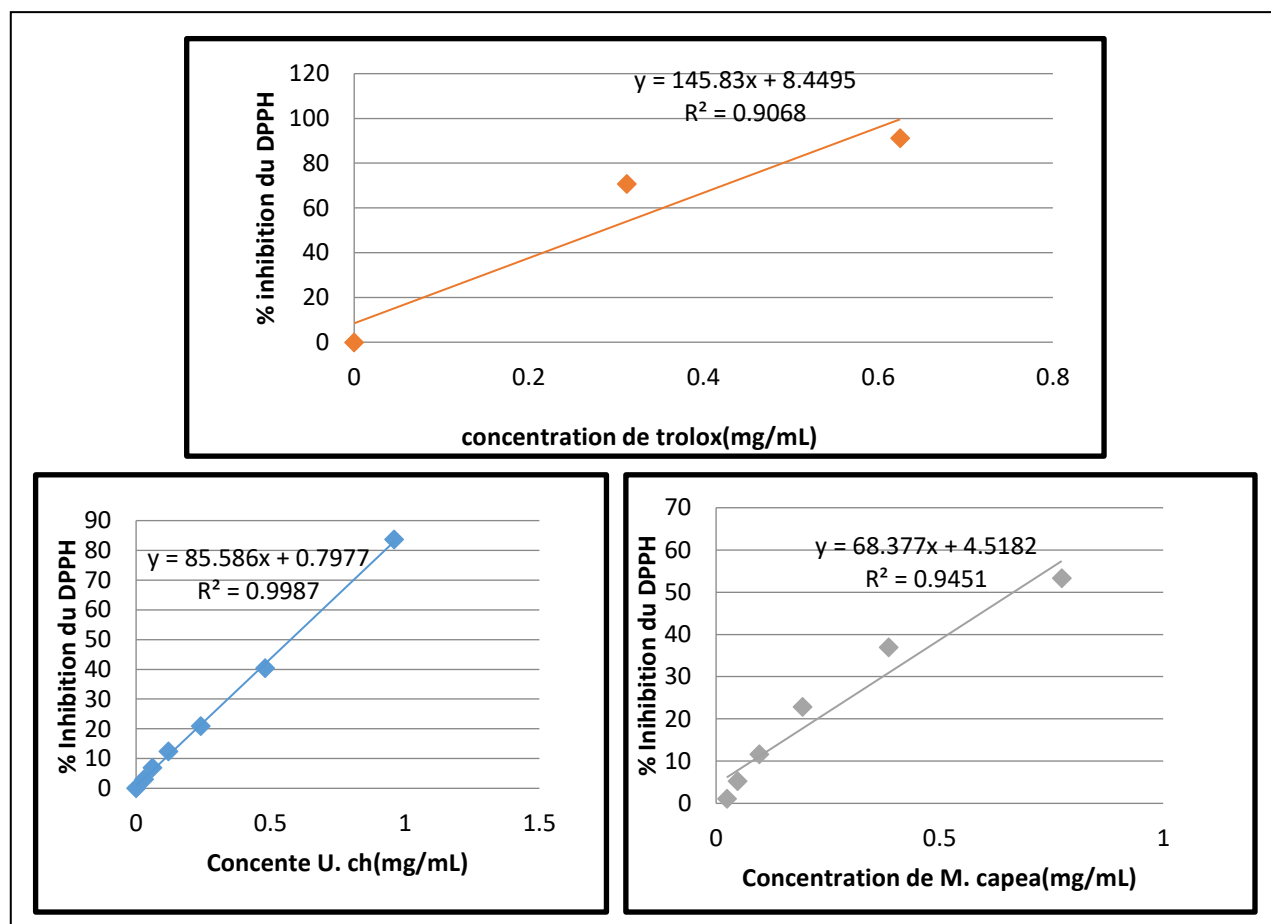


Fig. 2. Détermination graphique des concentrations d'inhibition 50% des extraits d'huiles du test de trolox de la DPPH

Les valeurs des CI<sub>50</sub> obtenues sont résumées dans le tableau IV.

Tableau 4. Concentration efficace des extraits et du trolox du test de DPPH

| Extrait d'huile        | CI <sub>50</sub> (mg/mL) |
|------------------------|--------------------------|
| <i>Uvaria chamae</i>   | 0,57                     |
| <i>Monanthes capea</i> | 0,66                     |
| Trolox                 | 0,28                     |

### 3.2.2 TEST DU RADICAL ABTS●+

Afin de valider les résultats de l'efficacité antioxydante des extraits de *Uvaria chamae* et *Monanthes capea* obtenus précédemment par le test anti-radicalaire du DPPH, nous avons utilisés un 2<sup>ème</sup> test basé sur la capacité de piégeage du proton par le radical cationique ABTS●<sup>+</sup>.

#### 3.2.2.1 DÉTERMINATION DU POURCENTAGE D'INHIBITION

La mesure de l'absorbance (ou densité optique DO) a été effectuée par spectrophotométrie à 734 nm, à partir des valeurs obtenues, nous avons calculé les pourcentages d'inhibition.

Tableau 5. Mesures des différentes absorbances du test de l'ABTS des extraits et du Trolox

|                           |              |         |        |       |       |       |       |
|---------------------------|--------------|---------|--------|-------|-------|-------|-------|
| <i>Uvaria chamae</i>      | Con (mg/mL)  | 0,03    | 0,06   | 0,12  | 0,24  | 0,48  | 0,96  |
|                           | DO           | 0,102   | 0,037  | 0,018 | 0,017 | 0,016 | 0,015 |
|                           | % inhibition | 93,57   | 97,66  | 98,86 | 98,92 | 98,99 | 99,05 |
| <i>Monanthes capensis</i> | Con (mg/mL)  | 0,024   | 0,048  | 0,096 | 0,193 | 0,386 | 0,773 |
|                           | DO           | 0,24    | 0,048  | 0,031 | 0,029 | 0,024 | 0,015 |
|                           | % inhibition | 84,87   | 96,97  | 98,04 | 98,17 | 98,48 | 99,05 |
| Trolox                    | Con (mg/mL)  | 0,03125 | 0,0625 | 0,125 | 0,25  | 0,5   | 1     |
|                           | DO           | 0,045   | 0,039  | 0,028 | 0,018 | 0,015 | 0,014 |
|                           | % inhibition | 97,16   | 97,54  | 98,24 | 98,87 | 99,05 | 99,11 |

Con (mg/mL) = Concentration en mg/mL; DO = Densité Optique; % inhibition = Pourcentage d'inhibition

Les courbes des pourcentages d'inhibition des extraits et du trolox de l'ABTS en fonction des différentes concentrations sont représentées sur la figure 3

### 3.2.2.2 DÉTERMINATION GRAPHIQUE DES CONCENTRATIONS INHIBITRICES À 50% (CI<sub>50</sub>)

La CI<sub>50</sub> est inversement liée à la capacité antioxydante d'un composé, car elle exprime la quantité d'antioxydant requise pour diminuer la concentration du radical libre de 50%. Plus la valeur de la CI<sub>50</sub> est basse, plus l'activité antioxydante d'un composé est grande. Les valeurs des CI<sub>50</sub> sont déterminées par la figure 3 et reportées dans le tableau V.

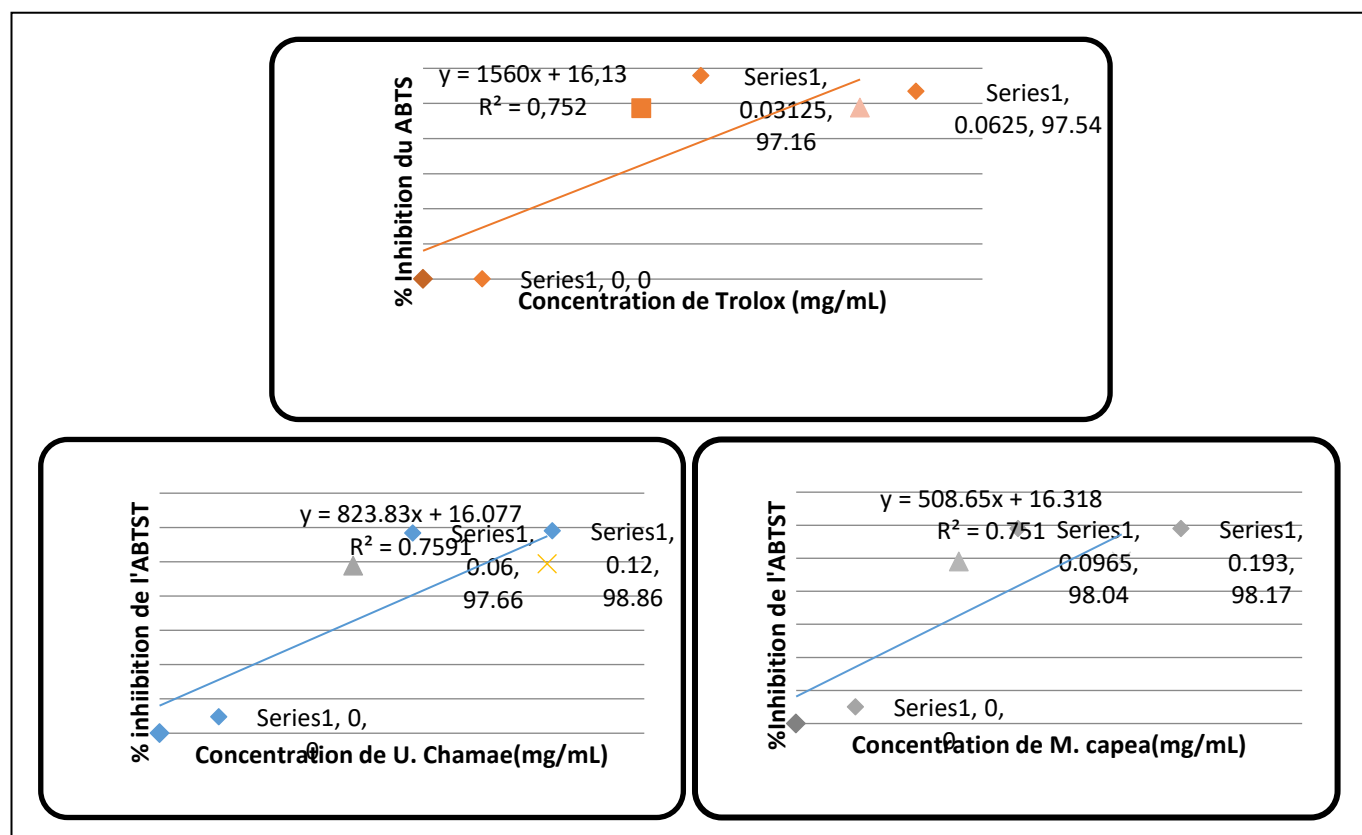


Fig. 3. Courbes d'étalonnage des % d'inhibition de l'ABTS par les extraits et le Trolox

Le calcul des CI<sub>50</sub> a donné les valeurs du tableau 6.

Tableau 6. Concentrations efficaces à 50% des extraits et du trolox du test de l'ABTS

| Extrait d'huile              | Cl <sub>50</sub> (mg/mL) |
|------------------------------|--------------------------|
| <i>Uvaria chamae</i>         | 0,041                    |
| <i>Monanthonotaxis capea</i> | 0,066                    |
| Trolox                       | 0,022                    |

## 4 DISCUSSION

### 4.1 ANALYSE CHIMIQUE

Les huiles essentielles de *Uvaria chamae* et de *Monanthonotaxis capea* sont riches en composés hydrocarbonés avec des proportions respectives de 78,2% et 53,75%. Cette forte teneur de ces HE en hydrocarbures est due à des taux élevés de sesquiterpènes respectivement (67,4% et 48,42%) tels que le  $\beta$ -caryophyllène à 35,88%, pour *Uvaria chamae* et l'ensemble  $\beta$ -caryophyllène (35,88%), et le sesquisabinène A (12,14%) pour *Monanthonotaxis capea*.

Parmi ces deux huiles étudiées, celle de *Monanthonotaxis capea* est plus riche en composés oxygénés de par sa forte teneur en précocène I (30,12%).

L'analyse de l'huile essentielle de *Uvaria chamae* montre qu'elle renferme 50 composés qui représentent 93,85 % de ses constituants, dont les majoritaires sont le  $\beta$ -caryophyllène (35,88 %), le germacrène D (10,67 %) et l' $\alpha$ -humulène (6,13 %).

En comparant nos résultats à ceux de la littérature nous constatons que le  $\beta$ -caryophyllène (35,88 %) et l' $\alpha$ -humulène (6,13%) présentent dans nos échantillons d'huile ne figure pas parmi les composés majoritaires des échantillons du Benin (Ayedoun et al 1999) et du Nigeria (Oguntimein et al 1989). Le taux de germacrène D (45 %), constituant principal identifié dans les échantillons du Benin est quatre (4) fois supérieur au nôtre (10,69%) et absent dans celui du Nigeria.

Le  $\delta$ -cadinène (6,50 %), l'oxyde de caryophyllène (6,24 %) et l' $\alpha$ -cadinol (5,87 %), qui sont les composés majoritaires dans les espèces du Nigeria, sont pratiquement inexistant dans les échantillons de Côte d'Ivoire. L'oxyde de caryophyllène est le composé abondant dans l'huile essentielle de Côte d'Ivoire.

Tableau 7. Proportion des composés majoritaires des huiles essentielles des feuilles de *Uvaria chamae* de Côte d'Ivoire, du Benin et de Nigeria

| Composés               | Côte d'Ivoire<br>(notre échantillon) | Benin (Ayedoun et al 1999) | Nigeria (Oguntimein et al 1989). |
|------------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| $\beta$ -caryophyllène | 35,88                                | -                          | -                                |
| germacrène D           | (10,67 %)                            | 45                         | -                                |
| $\alpha$ -humulène     | (6,13 %).                            | -                          | -                                |
| $\alpha$ -cadinol      | -                                    | 5,8                        | 5,87                             |
| $\delta$ -cadinène     | -                                    | 6                          | 6,5                              |
| Oxyde de caryophyllène | -                                    | -                          | 6,24                             |

- *Monanthonotaxis capea*

Au total, 31 constituants de l'huile de *Monanthonotaxis capea* représentant 98,85% ont été identifiés avec comme composés majoritaires: le Précocène I (30,12 %), l'Acétate de menthyle (17,01 %), le Sesquisabinène A (12,14 %), le Citronellal (7,12 %) et le Thujopsène (6,83%).

Nous avons comparé nos résultats à ceux de la littérature (Yobouet, 1996; Doé, 1997) des auteurs qui ont travaillé sur *M. capea* de la même localité. Mévy (2004) [(E) Phényl-4 butène-3 ol-2, 18,30%, (E) Acétate de méthyl-1 phényl-3 propèn-2 yle, 68%]; Doé (1997) [(E) Phényl-4 butène-3 ol-2, 15,10%; Acétate de 4-phénylbut-3-ène-2-yle, 63%], Yobouet (1996) [(E) Phényl-4 butène-3 ol-2, 80%].



## 4.2 ACTIVITÉ ANTIOXYDANTE IN VITRO DES HUILES ESSENTIELLES

### 4.2.1 TEST DU RADICAL DPPH.

Les valeurs des  $CI_{50}$  déterminées graphiquement en mg/mL exprimant la concentration efficace des différentes HE et du trolox sont présentées dans le diagramme ci-dessous.

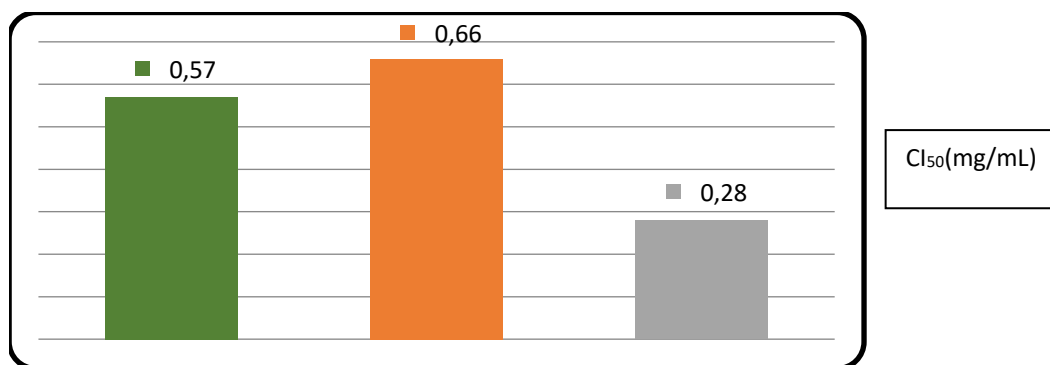


Fig. 4. Représentation en diagramme des  $CI_{50}$  du test de DPPH

Toutes les essences ramènent le radical libre stable le 2,2 diphenyl-1- picrylhydrazyl (DPPH) de couleur (violet) au diphenylpicrylhydrazine (jaune-coloré) avec des  $CI_{50}$  différentes montrant leur activité antioxydante. Comme l'indique la figure 5, le Trolox (antioxydant de référence) a montré une forte activité antioxydante ( $CI_{50}$  = 0,28 mg /mL), suivi des huiles essentielles de *Uvaria chamae* ( $CI_{50}$  = 0,57 mg/mL), et de celles de *Monanthes toxiaria* ( $CI_{50}$  = 0,66 mg/mL).

Cette bonne activité antioxydante de ces deux essences est due à la présence d'une forte teneur en composés oxygénés, particulièrement les alcools et les composés phénoliques (Oussou, 2009, Saint Laumer et al 2003). En effet, Touré (2015) a montré que les extraits éthanoliques et aqueux de *Uvaria chamae* présentaient de bons potentiel d'inhibition du radical DPPH avec des  $CI_{50}$  respectives de 4,02 et 12,59 mg/mL par rapport à la vitamine C ( $CI_{50}$  = 3,52 mg/mL).

A notre connaissance, dans la littérature aucun auteur n'a encore évalué l'activité antioxydante des essences de *Monanthes toxiaria* par le test de DPPH, mais en comparaison à d'autres espèces, nous pensons obtenir un bon résultat ( $CI_{50}$  = 0,66mg/mL) par rapport à Touré qui a obtenu des  $CI_{50}$  de 1,97mg/mL et 3mg/mL respectivement pour les huiles essentielles de tiges et fleurs de *Ageratum conyzoides* (Saint Laumer et al 2003).

### 4.2.2 TEST DU RADICAL ABTS•+

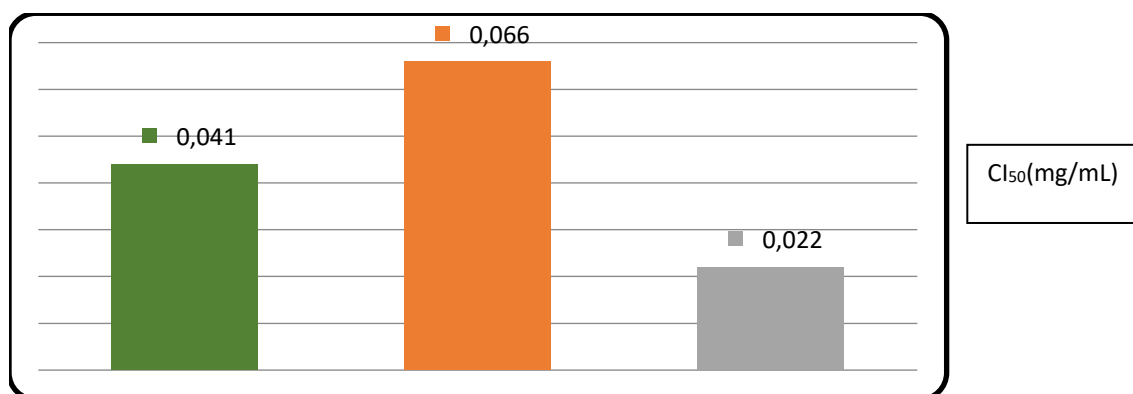


Fig. 5. Diagramme des concentrations inhibitrices 50% ( $CI_{50}$ ) du test ABTS

Les résultats du deuxième test basé sur la capacité de piégeage du proton par le radical cationique  $ABTS^{\bullet+}$  viennent corroborer ceux déjà obtenus avec le test de la DPPH effectué plus haut sur l'aptitude antioxydante des huiles. En effet en analysant les concentrations efficaces ( $CE_{50}$  ou  $CI_{50}$ ) obtenues, on constate que le trolox ( $CE_{50}$  = 0,20mg/mL), les huiles

essentielles de *U. chamae* ( $CE_{50}=0,041\text{mg/mL}$ ) et de *M. capea* ( $CE_{50}=0,066\text{ mg/mL}$ ) inhibent tous le radical cationique  $\text{ABTS}^{+\bullet}$  proportionnellement au test de DPPH. Ce qui témoigne de l'efficacité antioxydante des huiles essentielles testées.

## 5 CONCLUSION

Dans la présente étude, l'objectif principal était de déterminer la composition chimique et d'évaluer l'activité antioxydante des huiles essentielles de deux plantes endémiques de la famille des Annonaceae connues dans la médecine traditionnelle ivoirienne.

L'analyse chimique a permis d'identifier pour *Uvaria chamae* et *Monanthes capea* respectivement 50 et 31 composés, dont les composés majoritaires sont:

- Pour *Uvaria chamae*, le  $\beta$ -caryophyllène, le germacrène D et l' $\alpha$ -humulène.
- Pour *Monanthes capea*, le Précocène I, l'Acétate de menthyle, le Sesquisabinène A, le Citronellal et le Thujopsène.

Les huiles essentielles des plantes étudiées ont présenté un fort effet scavenger du radical DPPH,

Les résultats du test sur le radical cationique  $\text{ABTS}^{+\bullet}$  ont clairement confirmé que les huiles essentielles analysées, possèdent une bonne capacité inhibitrice des radicaux libres. Elles inhibent l' $\text{ABTS}^{+\bullet}$  au même titre que le Trolox. Ces essences ont un effet dose réponse.

Ces deux plantes sont une cible potentielle d'antioxydant d'origine naturelle. Les extraits de ces plantes pourraient donc être utilisés dans la mise en place de médicaments traditionnels améliorés dans la lutte contre les pathologies liées au stress oxydatives.

## REMERCIEMENTS

Au terme de cette étude nous tenons à remercier le Docteur Thierry Acafou YAPI de l'Université Félix Houphouët Boigny Cocody Abidjan et le Professeur Félix TOMI de l'Université de Corse, Equipe Chimie et Biomasse, pour l'analyse spectroscopique de nos échantillons.

## REFERENCES

- [1] Ayedoun A., Moudachirou M., Adeoti B. S., (1999). Aromatic Plants of tropical West Africa. VII Essential Oil of leaf and root bark of *Uvaria chamae* P. Beauv. From Benin, *J. Essent. Oil Res.*, 11, pp 23-26.
- [2] Codoñer-Franch P, Valls-Belles V, Arilla-Codoñer A, Alonso-Iglesias E. (2001). Oxydant mechanisms in childhood obesity: the link between inflammation and oxidative stress. *Translational Res.* 158 (6) 369-384.
- [3] Diomande Awa, YaoKonan, Sylla Youssouf, Tra Bi Fézan Honora, Bakayoko Adama, et Kone Mamidou Witabouna, (2018). Pouvoir antioxydant et teneurs en composés phénoliques de deux espèces du genre *Albertisia*: *Albertisia cordifolia* (Mangenot & J. Miège) Forman et *Albertisia scandens* (Mangenot & J. Miège) Forman (Menispermaceae); *European Scientific Journal* Vol.14, No.30.
- [4] Djeddi Samah; Yannakopoulou Elina, Papadopoulos Kyriakos et Skaltsa Helen (2015). Activités anti-radicalaires de l'huile essentielle et des extraits bruts de *Thymus numidicus* Poir., Algérie.
- [5] Doé F. G. M., (1997). *Monanthes capea* (E.G. et Camus) Verdc. Annonaceae: huile essentielle. Etude du capé des Agnis. Diplôme d'Etat de Docteur en pharmacie; Université de Cocody-Abidjan; 127 p.
- [6] Guillouty Amandine (2016). Plantes médicinales et antioxydants. Thèse Université Toulouse III Paul Sabatier Faculté Des Sciences Pharmaceutiques.
- [7] M. Gardès-Albert, D. Bonnefont-Rousselot, Z. Abedinzadeh, D. Jore (2003). Espèce réactives de l'oxygène: Comment l'oxygène peut-il devenir toxique; l'actualité chimique N°270, pp 91-96.
- [8] Mévy J.P., Bessière J.M., Pélissier Y., Masotti V., Ruzzier M., Rabier J., & Viano J., (2004). Composition of the volatile constituents of the aerial parts of an endemic plant of ivory coast: *Monanthes capea* (E.G. & A. Camus) Verdc. *Flavour and Fragrance Journal*, 19, pp: 526-528.
- [9] Oguntimein B., Ekundayo O., Laakso I. and Hiltunen R. (1989), Volatile constituents of *Uvaria chamae* Leaves and Root bark, *Planta Medica*, 55, pp: 312-313.
- [10] Oussou K.R., (2009). -Etude chimique et activité biologiques des huiles essentielles de sept plantes aromatiques de la pharmacopée Ivoirienne. Doctorat de l'Université de Cocody-Abidjan, 241p.
- [11] Parejo I., Viladomat F., Bastid J., Rosas-Romero A., Flerlage N., Burillo J., Codina, C. (2002). Comparison between the radical scavenging activity and antioxidant activity of six distilled and no distilled Mediterranean herbs and aromatic plants. *J Agric Food Chem*, 50, pp 90-6882.
- [12] Prouillac C. (2009). Synthèse et évaluation de nouveaux composés organique et phosphorés contre les effets des rayonnements ionisants. Etude de leur mécanisme d'action in vitro. Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier Toulouse III, 203p.
- [13] Ramful, D., Baborun, T., Bourdon, E., Tarnus, E., Aruoma, O.I. (2010). Bioactive phenolics and antioxidant propensity of flaved extracts of Mauritian *citrus* fruits: Potential prophylactic ingredients for functional foods application. *Toxicology*, 278, pp 75-87.
- [14] Ré. R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C. (1999). Antioxydant activity applying and inapoved ABTS radical cation decolorization assay free radical *Biology and Medicine*, 26, pp: 1231-1237.
- [15] Saint Laumer D.J.Y., Frérot E. & Herrmann. A, (2003). - Controlled release of perfumery alcohols by neighboring-group participation. Comparison of the rate constants for the alkaline hydrolysis of 2-acyl-, 2- (hydroxymethyl) -, and 2-carbamoylbenzoates; *Helvetica Chimica Acta* 86, pp: 2871-2899.
- [16] Touré. (2015) Etudes chimique et biologique des huiles essentielles de quatre plantes aromatiques médicinales de côte d'ivoire. Thèse de doctorat en Chimie organique. Université Félix Houphouët Bobigny, Côte d'Ivoire, 153p.
- [17] Yobouet H. L. (1996). Contribution à l'étude botanique et analyses chimiques des huiles essentielles de 9 espèces végétales recensées en Côte d'Ivoire. Diplôme d'Etat de Docteur en pharmacie; Université de Cocody-Abidjan 123 p.

## FPGA Based on airflow Noise Cancelling of mechanical ventilation

*Khalifa Elmansouri<sup>1</sup>, Mohamed Abouzahir<sup>2</sup>, and Aziz Et-Tahir<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>UM6SS, ESGB, Casablanca, Morocco

<sup>2</sup>High School of Technology Mohamed V University, Rabat, Morocco

Copyright © 2020 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 traditional de-noising method used by classical hardware equipments can't achieve successful de-noising effect and the software-only method never meets a high real time capability. Based on the Undecimated Wavelet Transform (UWT) which is an effective technique for de-noising signals corrupted by non-stationary noises, we propose implementing the UWT method on the field programmable gate array (FPGA) to realize a digital electronic circuit to de-noise the airflow of mechanical ventilation. The experiment results obtained was done regarding signal to noise ratio (SNR) and the requirement of real-time signal processing.

**KEYWORDS:** FPGA, Wavelet decomposition, LabVIEW, Computer hardware.

### 1 INTRODUCTION

Mechanical ventilation of the respiratory system is a lifesaving practice in patients, which are supporting many respiratory failures. However, the majority of critically ill patients in intensive therapy units (ITU) spend some time with their ventilated lungs by a mechanical ventilator, which uses traditional removing noise techniques; the embedded circuit and available technology provide the possibility to design a flexible system with an improved filtering algorithm.

Tiny embedded systems have not been an ideal outfit for high performance computing due to their constrained resources. Limitations in processing power, battery life, communication bandwidth and memory constrain the applicability of existing complex medical analysis algorithms such as the undecimated wavelet transform which is redundant, linear, shift invariant, more robust and less sensitive to noise.

Several works have been reported in the literature to reduce the processing power and memory requirement for computing Discrete Wavelet Transform (DWT) on limited resource platforms [1], [2]. For example, scheduling methods have been proposed by using a moving block to compute DWT for an entire image [2]. An overlap between two consecutive windows is demanded in many of these block processing methods. The amount of computations increases depending on the amount of the overlap. Also, there are several successful implementation of ASIC such as in [3], [4]. For example, wavelet codec based on FPGA which designed by Elghamery, wavelet transform coprocessor based on FPGA which given by Nibouche and so on. Most of these projects demonstrated above are successful in some conditions and it is pertinence for some products but it lack of application.

In this paper, we have proposed an improved airflow de-noising application based on UWT implemented on FPGA. The paper is organized as follows: section II deals with theoretical overview regarding the UWT algorithm, mechanical ventilation and the processing module used for implementation; section III details the FPGA implementation; section IV presents the implementation results and section V contains the conclusions of the paper.

## 2 THEORETICAL OVERVIEW

### 2.1 UNDECIMATED WAVELET TRANSFORM

Continuous and discrete are the two main types of wavelet transform. Computer programs use the DWT because of its discrete nature. The main drawback of DWT is not translation invariant. Translation of the original signal leads to different wavelet coefficients. The UWT is used to overcome this and to get more comprehensive feature of the analyzed signal. The idea behind UWT is that it does not decimate the signal. Thus, it produces more accurate information for the frequency localization.

The UWT is redundant, linear, shift invariant, more robust and less sensitive to noise, because this method involves finding zero-crossings in the multi-scale UWT coefficients. This method first finds zero-crossings among the coefficients with coarse resolution and then finds zero-crossings among the coefficients with finer resolution. Finding zero-crossings among the coefficients with coarse resolution enables to remove noise from a signal efficiently. Finding zero-crossings among the coefficients with finer resolution improves the precision with which you can find peak locations. Hence, it gives a better approximation than DWT. These properties provide the UWT to realize using a recursive algorithm. Fig. 1 shows the computation of the UWT where  $d_n$  and  $a_n$  are called the detail and the approximation coefficients of the UWT, respectively. The filter  $H$  and  $G$  are the standard low-pass and high-pass wavelet filters, respectively.

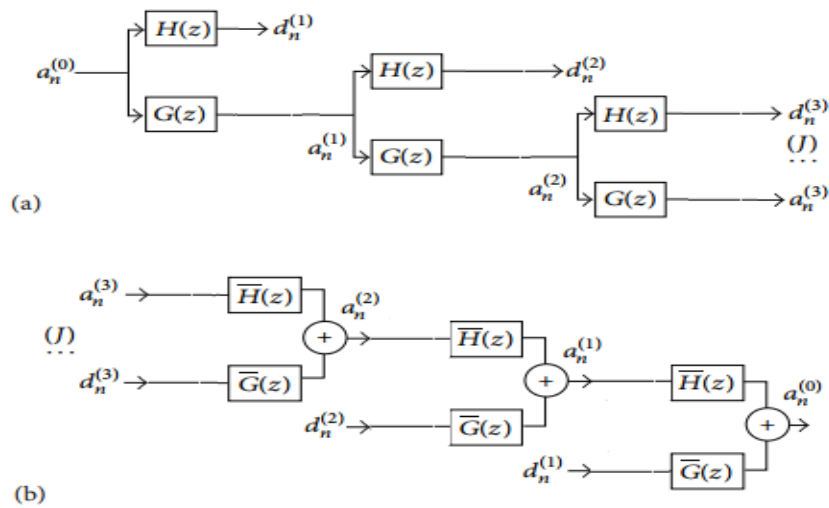


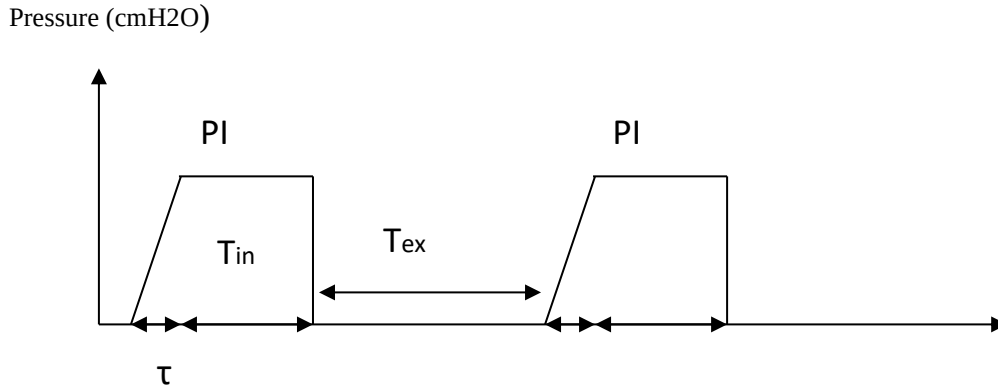
Fig. 1. Undecimated wavelet transform, (a) analysis filter bank and (b) reconstruction filter bank

To further remove the noise from the airflow, UWT is employed to decompose the signal at various levels. For an  $N$  level UWT, we have  $N$  detail sub-bands ( $W$ ). All the  $W$  sub-bands are used for de-noising purpose. An adaptive threshold selection using principle of Stein's Unbiased Risk Estimator [5] is used to calculate the threshold value. Then, soft thresholding [6] is used to remove the noise. Finally, the noise-free airflow is obtained by taking the inverse UWT.

### 2.2 THE PRESSURE CONTROLLED VENTILATION MODEL

The pressure controlled ventilation is characterized by signals shown in and 3, the curve of pressure explains the setting variables in PCV device such as:

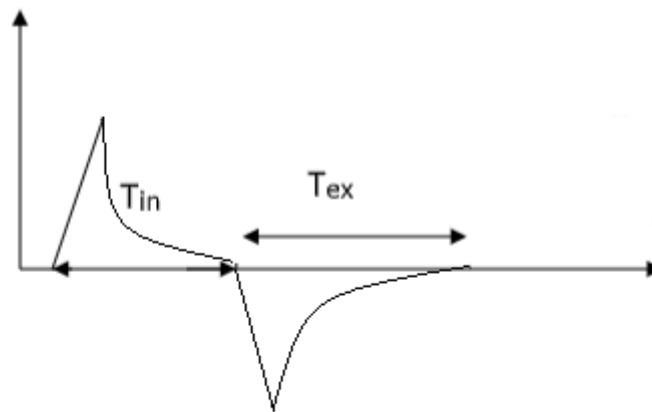
- Inspiratory pressure ( $IP$ ),
- Inspiratory time ( $T_{in}$ ),
- Expiratory time ( $T_{ex}$ ).
- Constant time of ventilator ( $\tau$ ).



**Fig. 2.** Typical waveform of pressure support for PCV

The parameters values which are setting in this work are:

- $IP = 25 \text{ cmH}_2\text{O}$ .
- $\tau = 0.2\text{s}$ .
- $T_{in} = 1\text{s}$ ,  $T_{ex} = 2\text{s}$ .



**Fig. 3.** Typical waveform of air flow measurement

### 2.3 THE USED HARDWARE

The cRIO-9104 reconfigurable embedded chassis [7] is used to implement the UWT and to design custom hardware. The cRIO-9104 includes an embedded controller which offers powerful stand-alone embedded execution for deterministic LabVIEW Real-Time applications. The embedded chassis is at the center of the CompactRIO system because it contains the reconfigurable I/O FPGA core; also it has the following characteristics:

- -40 to 70 °C operating range
- Automatically synthesize custom control and signal processing circuitry using LabVIEW
- 3M gate reconfigurable I/O (RIO) FPGA core for ultimate processing power
- DIN-rail mounting options
- 8-slot reconfigurable embedded chassis accepts any CompactRIO I/O module

### 3 FPGA IMPLEMENTATION

#### 3.1 GRAPHICAL PROGRAMMING

Our implementation was performed using the LabVIEW FPGA module which is a toolkit allowing FPGA implementation to be done graphically without requiring any knowledge of hardware description languages such as VHDL or Verilog. The LabVIEW environment incorporates FPGA parallelism inherent to FPGAs. Additional features of the LabVIEW FPGA module are discussed in reference [8]. Our LabVIEW FPGA implementation consisted of two components: a host side and a target side. These components are described below.

##### 3.1.1 HOST SIDE

Initially all the required parameters for the computation of the wavelet transform are set on the user interactive Front Panel of the host VI (LabVIEW programs are called VIs or Virtual Instruments). These parameters can be changed on-the-fly while the program is running. Parameters include wavelet filter type, number of decomposition levels and number of samples. An input signal gets converted to fixed-point as FPGAs only support fixed-point operations. Wavelet coefficients are computed in fixed point. Fig. 2 shows a portion of the Block Diagram (graphical code) section of the host VI.

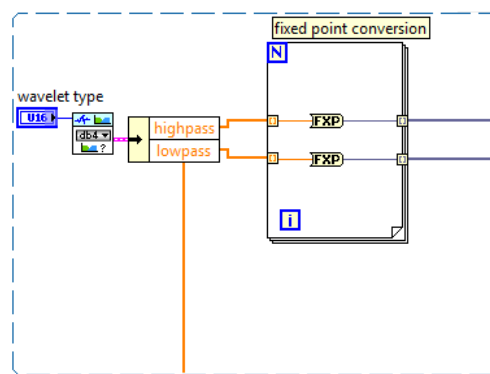


Fig. 4. Block Diagram of a section of the host VI

##### 3.1.2 TARGET SIDE

DMA (Direct Memory Access) FIFOs were used to transfer data between the host and the target. The details of the transfer process can be found in reference [8]. Interrupts were used to synchronize the data transfer between the host and the target. All the operations on the target side were done in fixed-point. The implementation was optimized by the efficient use of memory elements and by parallel processing pipelining as explained in the previous section.

#### 3.2 FLOATING-POINT TO FIXED-POINT CONVERSION

The algorithm was initially implemented using floating-point data type to check for the correctness of the outcome before implementing it on an actual FPGA processor using fixed-point data type. Depending upon the precision of the fixed-point implementation, the mean squared error of the reconstructed signal varied. In addition, scaling was done at every decomposition level to control any possible overflow. FPGAs allow variables to have flexible word sizes without the need for them to be a multiple of bytes. Consequently, this led to a more optimized fixed-point implementation. It is worth mentioning that the relationship between word size and processing time is not linearly proportional on an FPGA processor, hence increasing the word size did not increase the processing time significantly in our implementation.

#### 3.3 MEMORY MANAGEMENT

Since accessing memory on FPGA is computationally costly, when a large amount of memory is utilized, the real-time operation suffers. Thus, in our implementation, memory reading and writing operations were reduced by the optimal use of memory items as follows: whenever an element was read from memory, our design was optimized such that all the operations

on that element were completed before writing it back to memory. Also, for small data storage, flip-flop FIFOs were used instead of memory items in order to achieve faster access to data.

### 3.4 STAGE PIPELINING

To further make use of the FPGA parallelism, each stage of the UWT computation was pipelined. Fig. 3 illustrates how the stage pipelining was done by computing the coefficients in stages. Memory buffers were dedicated to each stage.

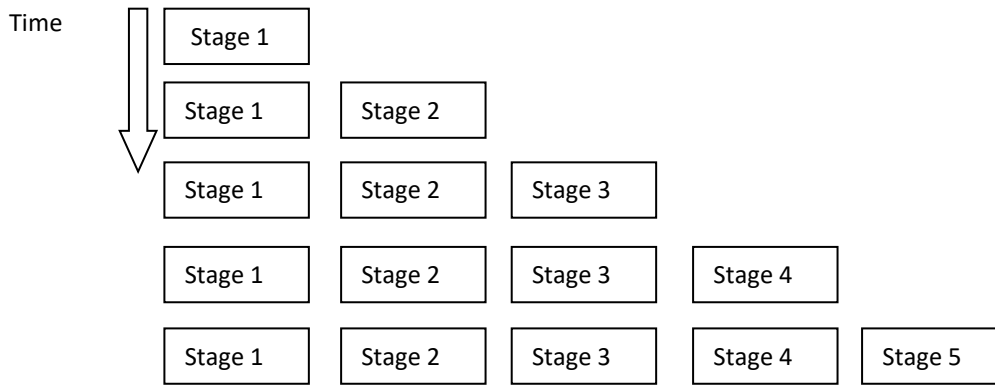


Fig. 5. Illustration of stage pipelining for 5 stages

### 3.5 FILTER PIPELINING

Computation of wavelet coefficients involves filtering. Filtering consists of multiply and sum operations. Instead of doing these operations sequentially, registers were used to pipeline these operations. Fig. 4 illustrates this procedure. As can be seen from this figure, loop execution time is decreased by reducing the length of the critical path in each loop iteration.

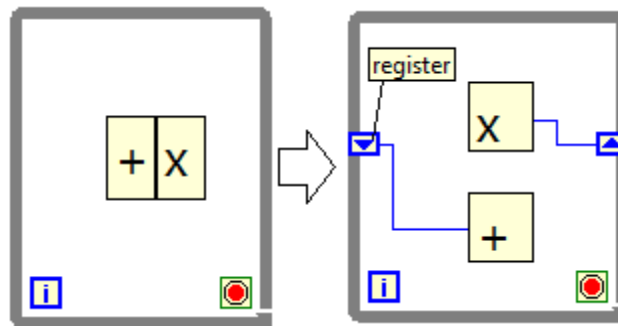


Fig. 6. Illustration of filter pipelining

## 4 REAL-TIME IMPLEMENTATION RESULTS

We write the configuration parameters, which include frame data length, filter coefficients, wavelet transform layers and the threshold value. The data frame length is 128. Length is 32. Wavelet transform layer is 6. The first layer decomposition of wavelet coefficients processing threshold is estimated by Stein's Unbiased Risk Estimator. The decomposition filter was considered to be of 4<sup>th</sup> order here.

The input signals were compromised by a white noise with different SNR. After reading they were sent to a FIFO memory of the FPGA chassis where they were processed by the hardware architecture. The flip-flop FIFO memories have the length set to 1023 samples. The processing and reading of the signals is done sample-by sample from the FIFO's.

The FPGA hardware usage depends on the number of bits describing the process accuracy. Thus, if the hardware usage is the priority then a low pass filter and high pass filter length is recommended or the signals accuracy must be decreased.



The quality of the process was measured in terms of the de-noising signal's SNR and the convergence measured in seconds. The SNR for the output signal is evaluated as:

$$SNR = \frac{RMS(x)}{RMS(y-x)}$$

Where RMS (x) and RMS (y-x) are the root mean squares of the pure input signal throughout the de-noising process and the noise at the output. The output noise is estimated as a difference between the de-noised and the pure input signals (y-x).

Fig. 5 and table 1, show the tracking ability of the process.

**Table 1. Quality estimation of the process**

| SNR [db] |        | Convergence (s) |
|----------|--------|-----------------|
| Input    | Output |                 |
| -5       | 1.9    | 0.035           |
| -10      | -3.6   | 0.779           |
| 10       | 30     | 0.0061          |

## 5 CONCLUSION

The contribution in this paper involves the real-time FPGA implementation of the UWT approach without using any hardware description language. This has been achieved by using the FPGA graphical programming feature of LabVIEW.

The performance of the UWT algorithm implemented by hardware is comprehensively analyzed in terms of convergence performance and filtered signal's SNR.

## REFERENCES

- [1] A. Shahbahrani, "Improving the performance of 2D discrete wavelet transform using data-level parallelism," Proc. of IEEE Int. Conf. on High Performance Computing and Simulation, pp. 362-368, 2011.
- [2] S. Salehi and R. Amirfattahi, "A block-based 2D discrete wavelet transform structure with new scan method for overlapped sections," Proc. of IEEE Middle East Conf. on Biomedical Engineering, pp. 126-129, 2011.
- [3] Nevin A Elghamery, S.E.-D.Habib (2000) An efficient FPGA implementation of a wavelet coder/decoder. Microelectronics, ICM, Proceedings of the 12th International Conference 12: 269-272.
- [4] Tian Xin, Tan Yihua, Tian Jinwen, "New design for 9/7-tap wavelet filter and its VLSI implementation. Jisuanji Xuebao/Chinese Journal of Computers," Vol.31, no.3, pp.411-418. Mar. 2008.
- [5] CM Stein, "Estimation of the Mean of a Multivariate Normal Distribution," The Annals of Statistics, Vol. 9, pp. 1135-51, 1981.
- [6] DL Donoho, "De-Noising by Soft-Thresholding," IEEE Transactions on Information Theory, Vol. 41, pp. 613-27, 1995.
- [7] www.ni.com.
- [8] N. Kehtarnavaz and S. Mahotra, Digital Signal Processing Laboratory: LabVIEW-Based FPGA Implementation. Brown Walker Press, 2010.

## Termite communities in lemon tree plantations (*Citrus limon*, Rutaceae) in the Tiassalé region (South of Côte d'Ivoire)

Akpesse A. Alexandre Moïse<sup>1</sup>, Coulibaly Tenon<sup>2</sup>, Agossadou H. Anette<sup>1</sup>, and Koua K. Herve<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de Zoologie et de Biologie Animale, UFR-Biosciences, Université Felix Houphouët Boigny de Cocody, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Department of Animal Biology, UFR Sciences Biologiques, University Peleforo Gon Coulibaly of Korhogo, BP 1328 Korhogo, Côte d'Ivoire

---

Copyright © 2020 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:** Conservation biologists are now studying how cultivated areas could be used to maintain good biological diversity. The aim of this study was to assess the assemblage of termites in lemon plantations in the Tiassalé region in southern Côte d'Ivoire. According to the standardized rapid estimation method (RAP) of biodiversity, termites were harvested from a 10-year-old lemon plantation in comparison with the primary forest. Three transects (100 m long and 2 m wide) were carried out in each environment. The results obtained showed that in total, 20 species of termites divided into 13 genera and 6 subfamilies were collected on the two plots. The specific richness was relatively low in the lemon plantation (12) compared to the primary forest (18 species). The Simpson index was higher in the forest ( $Si = 0.97$ ) than in the plantation ( $Si = 0.77$ ). The total abundance of termites was higher in the forest (71.33 ind./transect) than in the plantation (38 ind./transect). Fungus-growers were more abundant in the lemon plantation ( $24.33 \pm 2.7$  ind./transect) than in the forest which recorded an average abundance of  $18.66 \pm 2.87$  ind./transect. Soil-feeders with  $27.33 \pm 1.36$  ind./transect were more abundant in the forest than in the plantation. Grass-feeders, totally absent from the forest, were observed in the lemon plantation with a relative abundance of  $2.66 \pm 1.36$  ind./transect. The lemon plantation would help restore termite communities in this area heavily disturbed by pineapple cultivation.

**KEYWORDS:** Lemon tree, termites, community, diversity, abundance, Côte d'Ivoire.

### 1 INTRODUCTION

In Côte d'Ivoire, the agricultural export diversification policy gives pride of place to fruit production [1]. Today, after the coffee-cocoa pairing, the "fruit" sector occupies an important place (8 to 10% of agricultural GDP) in the country's economy with an annual production of around 60,000 tonnes [2]. Côte d'Ivoire is the second largest producer of bergamot, the best valued citrus essence [3]. This citrus fruit production has really developed in the south of the Ivory Coast where it constitutes one of the main activities of the populations. Agricultural practices are considered today as the main cause of biodiversity degradation in many tropical countries [4], resulting in the elimination of sensitive species [5], [6]. However, given the vast tracts of land that are used for agriculture around the world, conservation biologists are investigating how cultivated areas might be used to maintain biological diversity [7], [8], [9]. In Côte d'Ivoire, [10] showed that cocoa plantations sheltered a diversity of ants close to that of primary forest. Termites are one of the major biotic components of tropical ecosystems where they represent, with earthworms and ants, true ecosystem engineers [11]. The ecological importance of termites is observed in particular through their role (1) in the food webs where they act as main decomposers and are the prey of many other organisms, (2) in the soil structure as well as storage and decomposition of organic matter of plant origin [12], [13] and finally (3) as the main bioturbator in some soils. Recently, the work of [14] showed that mango orchards in the north of Côte d'Ivoire contribute to the restoration of the hypogeal fauna of termite. However, to our knowledge, no study to date has been carried out to assess the contribution of citrus plantations, in particular, lemon orchards in the assembly of these termites. This study

examined the diversity of termites in lemon plantations compared to natural forest. The objective was to answer the question regarding the role of lemon tree agrosystems in the conservation of soil fauna, in particular termites.

## 2 MATERIAL AND METHODS

### 2.1 STUDY AREA

This study was carried out in the south of the Ivory Coast, at the Bandama Agricultural Society (SAB) in the Tiassalé region (5° 50' N and 4° 50' W) during the month of November 2018. The climate is of hot and rainy equatorial type with 4 seasons: a great rainy season from April to July; a short dry season from August to September; a small rainy season from October to November and a large dry season from December to March. The annual average temperature is 28 ° C and the minimum hygrometry is around 60%. The M'brimbo SAB is an estate with a total area of 1012 hectares. This site was used in the past, for several years for the cultivation of pineapples. Today the site is intended for Hevea cultivation, cocoa farming, fruit crops and beekeeping. Two plots were sampled:

**The lemon orchard** is a 10 years old plantation. A plot of 1 ha was delimited for this study. The plantation has about 400 feet of lemon trees at a rate of 4.5 m between the feet and 5 m between the rows. Weeding was done once a year with little use of pesticides.

**The primary forest** chosen as a control was adjacent to that of the lemon trees. It is a primary forest that has never been exploited for agricultural purposes. The canopy was dense and the undergrowth was rich in litter.

### 2.2 BIOLOGICAL MATERIAL

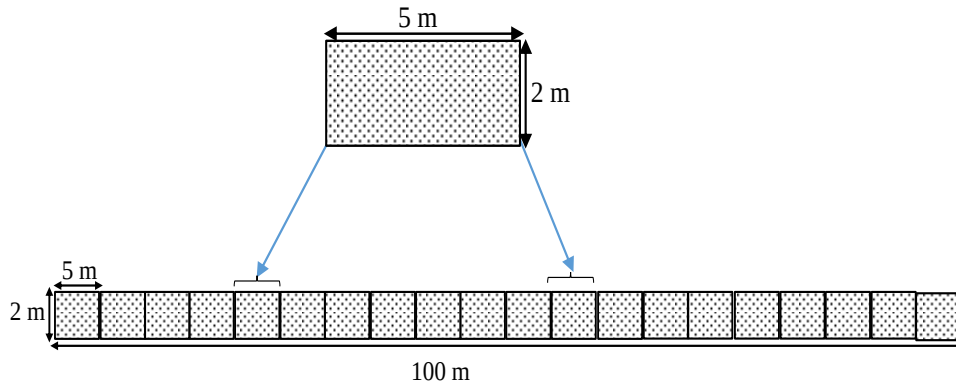
Plant material is all the lemon trees present on the site (Fig. 1A). Animal material consists of termites collected from different habitats (Fig. 1B).



**Fig. 1. Biological Material. A: Lemon tree (*Citrus limon*) B: Termite soldier *Odontotermes* sp**

### 2.3 TERMITE SAMPLING

Termite sampling was performed using the standardized method for termite collecting [15]. It consists in delimiting, in each parcel, 20 sections of 10 m<sup>2</sup> (5 m × 2 m) of surface along a transect 100 m long and 2 m wide (Fig. 2). The search is done in two stages by two people for 30 minutes. The first is to search litter, epigeic nests and the aerial part of plants up to 1.5 m tall (if possible) in search of termites. The second, after careful excavation of each section, all termites harvested were stored in 70% alcohol-labeled. Three (3) transects were conducted for termite sampling in each medium. In total, three transects of 100 m length were made in each area.



**Fig. 2. Termite sampling device (transect, [15])**

#### 2.4 IDENTIFICATION OF COLLECTED TERMITES

The individuals were first determined to the level of the genus, then of the species under a binocular microscope, using the identification keys [16], [17], [18], [19], [20], [21]. In order to increase the chances of being able to correctly determine the problematic species, they were compared to the correctly identified specimens in laboratory of University Félix Houphouët Boigny in Côte d'Ivoire. After identification, each species was classified into one of the trophic groups (Fungus-growers, Soil-feeders, Wood-feeders and Grass-feeders).

#### 2.5 DATA ANALYSIS

Sampling completeness was tested by constructing sample-based species accumulation curves. Using the program EstimateS (version 7.0) [22], rarefaction curves were constructed after randomizing 500 times the sample order to ensure the statistical representation of the target assemblage [23]. Following the description of [24] for incidence data, we chose the first order and non-parametric estimator Jackknife 1 as estimator of the species richness. The total species richness of termites was obtained by enumerating all species observed over transects. The Simpson index and the Equitability ( $E'$ ) were calculated for each habitat using the program PAST [25]. As we used presence/absence data, the relative abundance was defined as the number of encounters per transect, where the presence of one species in a section represented one encounter [26]. The similarity between the prospected habitats was calculated according to the following formula:  $S = c / (a + b + c)$ ;  $c$  = species common to both plots,  $a$  = number of species observed only on plot A;  $b$  = number of species observed only on plot B; this index varies from 0 (no similarity) to 1 (identical habitats) according to [27]. The frequency of termite species collected in the sections of the transects was calculated for each habitat. This frequency was calculated according to the formula:

$$F = \frac{Ex * 100}{Es}$$

With:  $F$  = Frequency of species  $x$ ;  $Ex$  = Number of samples containing species  $x$ ;  $Et$  = Total number of samples.

The coding of the frequency indices is given in Table I.

**Table 1. Codification of frequency indices**

| Frequency classes (%) | Characteristics       |
|-----------------------|-----------------------|
| $F < 10$              | Very rare species     |
| $10 < F < 20$         | Accidental species    |
| $20 < F < 40$         | Accessory species     |
| $40 < F < 60$         | Fairly common species |
| $60 < F < 80$         | Common species        |
| $F > 80$              | Very common species   |

### 3 RESULTS

#### 3.1 SAMPLING EFFICIENCY

The efficiency of the method used for the sampling of litter termites was 85.91% in the forest and 92% in the orchard, ie an average coverage rate of 91.15%. Accumulation curves, the observed (Sobs) and expected (Jack 1) specific richness all approached the asymptote. These results indicated a high efficiency of the sampling method used for all habitats (Fig. 3).

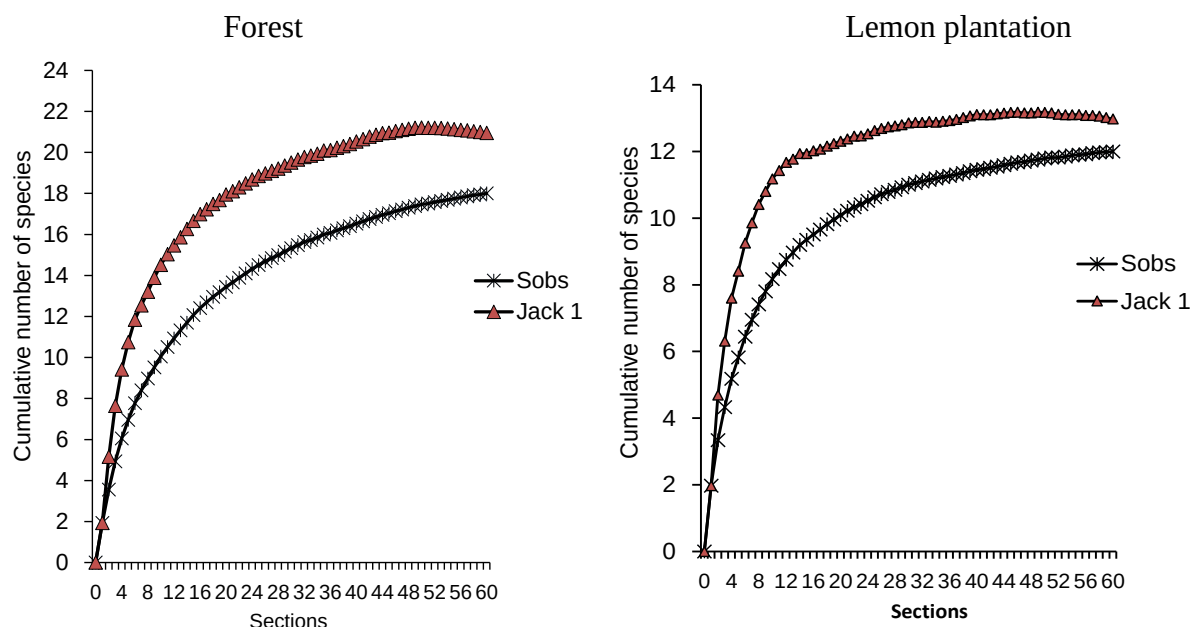


Fig. 3. Sample-based accumulation curves of observed (Sobs) and estimated (Jack 1) species richness of termites in each habitat type

#### 3.2 SPECIES RICHNESS OF TERMITES IN BOTH HABITAT TYPES

A total of 20 species of termites belonging to 13 genera, 6 sub-families, 2 families (Rhinotermitidae and Termitidae) were collected from the two plots (Table II). Macrotermitinae and Termitinae with respectively 10 and 4 species were the most diverse subfamily. The subfamilies of Nasutitermitinae and Coptotermitinae each recorded 2 species.

The number of species varied from habitat to habitat. The primary forest with 18 species is the most diverse environment. Nine (9) species are common to the two environments surveyed. Two species were sampled only in the orchard: These species are *Odontotermes pauperans* and *Trinervitermes* sp.

Table 2. List of termite species collected in each habitat type

| Family          | Sous-family/ Species                 | Trophic group | Lemon plantation | Forest    |
|-----------------|--------------------------------------|---------------|------------------|-----------|
| Termitidae      | <b>Termitinae</b>                    |               |                  |           |
|                 | <i>Amitermes evuncifer</i>           | w             | *                | *         |
|                 | <i>Microcerotermes fuscotibialis</i> | w             | *                | *         |
|                 | <i>Microcerotermes parvulus</i>      | w             | *                | *         |
|                 | <i>Promirotermes holmgreni</i>       | s             | *                | *         |
|                 | <b>Macrotermitinae</b>               |               |                  |           |
|                 | <i>Macrotermes subhyalinus</i>       | f             |                  | *         |
|                 | <i>Macrotermes bellicosus</i>        | f             | *                | *         |
|                 | <i>Pseudacanthotermes militaris</i>  | f             | *                | *         |
|                 | <i>Ancistrotermes cavithorax</i>     | f             | *                | *         |
|                 | <i>Ancistrotermes guineensis</i>     | f             |                  | *         |
|                 | <i>Ancistrotermes crucifer</i>       | f             | *                | *         |
|                 | <i>Odontotermes pauperans</i>        | f             | *                |           |
|                 | <i>Microtermes toumodiensis</i>      | f             | *                | *         |
|                 | <b>Nasutitermitinae</b>              |               |                  |           |
|                 | <i>Nasutitermes arborum</i>          | w             |                  | *         |
|                 | <i>Trinervitermes</i> sp             | g             | *                |           |
|                 | <b>Apicotermitinae</b>               |               |                  |           |
|                 | <i>Hoplognathotermes</i> sp          | s             |                  | *         |
|                 | <b>Cubitermitinae</b>                |               |                  |           |
| Rhinotermitidae | <i>Cubitermes</i> sp                 | s             | *                | *         |
|                 | <i>Basidentitermes potens</i>        | s             |                  | *         |
|                 | <b>Rhinotermitinae</b>               |               |                  |           |
|                 | <i>Schedorhinotermes lamanianus</i>  | w             |                  | *         |
|                 | <b>Coptotermitinae</b>               |               |                  |           |
|                 | <i>Coptotermes intermedius</i>       | w             |                  | *         |
|                 | <i>Coptotermes sjöstedti</i>         | w             |                  | *         |
| <b>Total</b>    | <b>20</b>                            |               | <b>12</b>        | <b>18</b> |

f=Fungus-growers, s=Soil feeders, w=Wood-feeders and g=Grass-feeders

### 3.3 CHANGE IN FREQUENCY OF TERMITE SPECIES

The species frequencies had grouped the species into 4 classes in the forest plot and 3 classes in the lemon plantation (Table III). However, the specific composition of the frequency classes differ from one plot to another. The number of rare species harvested was higher in the forest (6 rare species) unlike the plantation where 2 rare species were harvested. The lemon plantation recorded more accidental species (8) compared to the forest plot which recorded 5 accidental species. Accessory species are strongly present in the forest (4 species) while the lemon plantation records only the species *Odontotermes pauperans* (33%). The species *Promirotermes* sp and *Microcerotermes parvulus* with respectively 53% and 42% of frequency were the two rather frequent species in the forest plot while in the plantation *Ancistrotermes cavithorax* (42%) was the only rather frequent species collected. The *Cubitermes* sp species with 75% frequency represented the class of frequent species collected in the forest.

Table 3. Frequencies of species collected in the prospected areas

| Frequency characteristic            | Lemon plantation                          | Forest                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Very rare species<br>$F < 10$       | <i>Microcerotermes fuscotibialis</i> (8%) | <i>Schedorhinotermes lamanianus</i> (8%)   |
|                                     | <i>Microtermes toumodiensis</i> (5%)      | <i>Odontotermes pauperans</i> (5%)         |
|                                     |                                           | <i>Amitermes evuncifer</i> (2%)            |
|                                     |                                           | <i>Ancistrotermes guineensis</i> (8%)      |
|                                     |                                           | <i>Macrotermes subhyalinus</i> (7%)        |
| Accidental species<br>$10 < F < 20$ |                                           | <i>Macrotermes bellicosus</i> (2%)         |
|                                     | <i>Amitermes evuncifer</i> (10%)          | <i>Pseudacanthotermes militaris</i> (12%)  |
|                                     | <i>Microcerotermes parvulus</i> (12%)     | <i>Microtermes thoracalis</i> (12%)        |
|                                     | <i>Promirotermes holmgreni</i> (10%)      | <i>Nasutitermes arborum</i> (12%)          |
|                                     | <i>Macrotermes bellicosus</i> (10%)       | <i>Haplognathotermes</i> sp 10%            |
|                                     | <i>Pseudacanthotermes militaris</i> (13%) | <i>Microcerotermes fuscotibialis</i> (12%) |
|                                     | <i>Ancistrotermes crucifer</i> (18%)      |                                            |
|                                     | <i>Cubitermes</i> sp (15%)                |                                            |
| Accessory species<br>$20 < F < 40$  | <i>Trinervitermes</i> sp (13%)            |                                            |
|                                     | <i>Odontotermes pauperans</i> (33%)       | <i>Ancistrotermes cavithorax</i> (25%)     |
|                                     |                                           | <i>Ancistrotermes crucifer</i> (25%)       |
|                                     |                                           | <i>Coptotermes intermedius</i> 23%         |
|                                     |                                           | <i>Coptotermes sjostedti</i> 28%           |
| Fairly common species $40 < F < 60$ | <i>Ancistrotermes cavithorax</i> (42%)    | <i>Promirotermes</i> sp (53%)              |
| Common species $60 < F < 80$        | -                                         | <i>Microcerotermes parvulus</i> (42%)      |
| Very common species $F > 80$        | -                                         | <i>Cubitermes</i> sp (75%)                 |
|                                     | -                                         | -                                          |

### 3.4 TERMITE DIVERSITY INDICES

The diversity indices vary from one habitat to another (Table IV). The Simpson's index was higher in the forest ( $SI = 0.97$ ) than in the plantation ( $SI = 0.77$ ) in the orchard. The equity index evolved in the same direction as the Simpson index with for primary forest ( $E = 0.84$ ) and for orchard ( $E = 0.79$ ). However, the similarity index between the two plots was relatively high (0.81).

Table 4. Variation in diversity indices

| Diversity indices  | Lemon plantation | Forest |
|--------------------|------------------|--------|
| Specific richness  | 11               | 18     |
| Relative abundance | 109              | 171    |
| Simpson            | 0.77             | 0.97   |
| Equitability       | 0.79             | 0.84   |
| Similarity         | 0.81             |        |

### 3.5 RELATIVE ABUNDANCE OF TROPHIC GROUPS

The species harvested belong to 4 trophic groups: soil feeders, fungus-growers, grass-feeders and wood-feeders (Fig. 4). The results showed that the average relative abundance of fungus-growers was higher in lemon orchards ( $24.33 \pm 2.7$  ind./transect) than in primary forest which recorded an average abundance of ( $18.66 \pm 2.87$  ind./transect). The wood-feeders and soil feeders with respectively  $25.33 \pm 6.94$  ind./transect and  $27.33 \pm 1.36$  ind./transect were more abundant in the forest than in the plantation. Grass-feeders, totally absent from the forest, were harvested in the lemon plantation with a relative abundance of  $2.66 \pm 1.36$  ind./transect. However, the total abundance of termites was higher in the forest (71.33 ind./transect) than in the plantation (38 ind./transect).



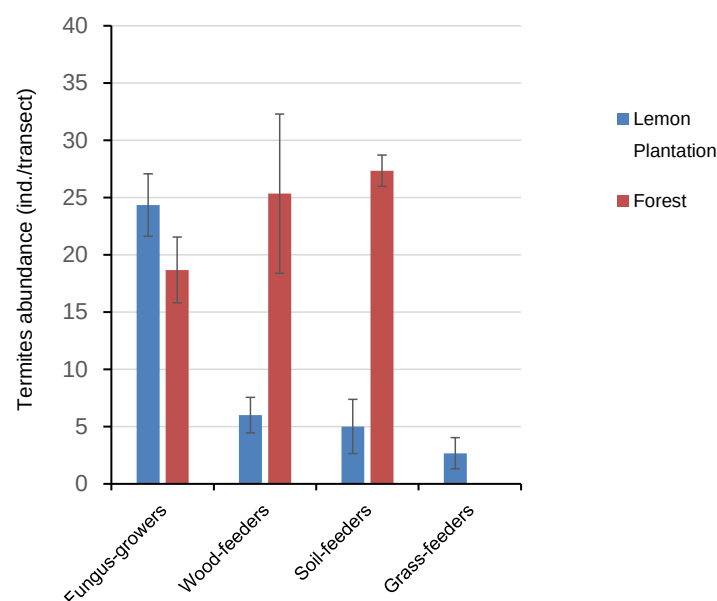


Fig. 4. Relative abundance of trophic groups in the habitat types

## 4 DISCUSSION

### 4.1 SAMPLING EFFICIENCY

The coverage rate was relatively higher (91.82%) in the lemon orchard than in the primary forest (85.91%). These high coverage rates reflect the good efficiency of the sampling method used in this study. According to [15], the transect method allowed a rapid assessment of termite fauna because it was not very disturbing of the environment and facilitates the standardization of the sampling effort. This coverage rate obtained in the lemon plantation was very close to that obtained by [28] in the mango orchards of Korhogo (90.13%). The efficiency of the sampling method in lemon orchards would be linked to the fact that this environment offers a great possibility of mobility and access offered by the planting system. The system used offers wide spacing easily penetrated by termite collectors.

### 4.2 THE TERMITE ASSEMBLAGE

In total, twelve (12) species of termites were collected from the lemon plantation. This specific richness was identical to that obtained by [29], in 8-year-old rubber plantations on the same site. The specific richness was however low compared to that harvested in the forest plot. Several reasons could explain this low specific richness in plantations. First, the monocultural system of planting lemon trees. Indeed, according to [30], diversity and abundance are strongly influenced by the quality of plant species present in the ecosystem. They showed that monoculture disrupts the balance of termite communities in teak plantations.

This relatively low specific richness in these lemon plantations is also linked to the fact that these plantations were established from old plots of pineapple cultivation. However, to obtain quality pineapples, pineapple farmers used many chemicals such as insecticides, nematicides, herbicides and fungicides applied at least four times a year. The massive use of these chemical inputs, before the establishment of the lemon tree plantation, certainly contributed to the loss of the diversity of soil fauna in general and that of termites in particular. Several studies carried out in other area have linked the use of chemical inputs and the diversity of soil macrofauna [31], [32], [33]. This is probably what would explain the low presence of soil-feeders (less than 5 ind. / Transect). Soil-feeders feed on decaying organic matter in the soil [34].

The heavy use of chemical inputs in the past on the plot certainly had an impact on the availability and quality of soil organic matter [35].

However, this organic matter would gradually be reconstituted 10 after the plot was converted into a lemon tree plantation leading to the reappearance of certain soil-feeders species such as *Promicrotermes holmgreni*. Fungus-growers, less affected by human activities, are abundant in the lemon plantation than in the forest. Their ability to live in these exploited environments



is linked to their remarkable adaptation, favored by the symbiotic relationship they maintain with certain fungi of the genus *Termitomyces* [36], [37].

## 5 CONCLUSION

The purpose of this study was to assess their blend in lemon plantations in the Tiassalé region in southern Côte d'Ivoire. The results obtained showed that a total of 20 species of termites divided into 13 genera were collected from the two plots. The specific richness was relatively low in the lemon plantation (12) compared to the primary forest (18 species). However, more than half of the termite species collected in the forest were observed in the Lemon plantation. This would demonstrate that these cultivated areas could in the long term shelter a good specific wealth of termites comparable to that of the forest. Planting lemon would thus contribute to the regeneration of the diversity of termites in this area heavily disturbed by pineapple cultivation. This will be possible if the lemon cultivation on this site uses my chemical inputs.

## REFERENCES

- [1] Hala N. F., Kéhé M., Coulibaly F., Dembélé A., Doumbia M., Akamou F., Sery Z. H. & Barro A., Lutte contre les ravageurs et les maladies du manguier en zone nord Côte d'Ivoire. Projet de recherche, CNRA, 34 p. 2001.
- [2] Sangaré A, Koffi E, Akamou F, Fall C. A. Rapport national sur l'état des ressources Phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture. Ministère de l'agriculture, Côte d'Ivoire 65p, 2009.
- [3] Anonyme. L'agriculture ivoirienne a l'aube du XXI<sup>e</sup> siècle, une publication du salon de l'agriculture et des ressources animales d'Abidjan. 243p, 1999.
- [4] Stiling P. Ecology: Theories and Applications. Third edition. Prentice-Hall. New Jersey, 1999.
- [5] Boren J. C., Engle M. D., Palmer W. M., Masters E. R., Criner T., Land use change effects on breeding birds community composition, Journal of Range Management, 52, 420-430, 1999.
- [6] Hansen A. J. R. & Rottella J. J., Biophysical factors, land use and species viability in and around nature reserves. Conservation Biology, 16, 1112-1122, 2002.
- [7] Bawa S. S., Kress W. J., Nadkarni N. M., Lele S., Beyond paradise meeting the challenges in tropical biology in the 21st century, Biotropica, 36, 437-446, 2004.
- [8] McNeely J. A., Nature vs. nurture: managing relationships between forests, agroforestry and wild biodiversity, Agrofor Syst 61, 155-165, 2004.
- [9] Schroth G., Fonseca G. A. B., Harvey C. A., Gascon C., Vasconcelos H. L., Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes. Island Press, Washington, 2004.
- [10] Koné M., Konaté S., Yéo K., Kouassi K. P., Linsenmair K. E., Effects of management intensity on ant diversity in cocoa plantation (Oumé, centre west Côté d'Ivoire). J Insect Conserv 18, 701-712, 2014.
- [11] Dangerfield J. M., McCartty T. S., Ellery W. N., The mound-building termite *Macrotermes michaelseni* as an ecosystem engineer. Journal of tropical Ecology 14, 507-520, 1998.
- [12] Bignell D. E., Oskarsson H., Anderson J. M., Jneson J. B., Wood T. J., Structure, microbial associations and function of the so-called « mixed segment » of the gut in two soil-feeding termites, *Procubitermes aburiensis* and *Cubitermes severus*. J. Zoot. Lond. 201, 445-150, 1983.
- [13] Konaté S., Le Roux Verdier B., Lepage M., Effect of underground fungus-growing termites on carbon dioxide emission at the point-and landscape-scales in an African savanna, British Ecology Society, 17, 305-314, 2003.
- [14] Coulibaly T., Tuo Y., Yapo L. M., Akpessé A. A. M., Yapi A., Kouassi K. P., To What Extent do Mango Agrosystems (*Mangifera indica*, Anacardiaceae) Contribute to the Restoration of Hypogenous Termites (Insecta: Isoptera) in Korhogo Region (Northern Côte d'Ivoire), Journal of Agriculture and Ecology Research International, 21 (1), 21-29, 2020.
- [15] Jones D. T., Eggleton P., Sampling termite assemblage in tropical forest: testing a rapid biodiversity assessment protocol, Journal of applied Ecology, 37, 191-203, 2000.
- [16] Sjöstedt Y., Revision der Termiten Afrikas. Kungliga Svenska. Vetenskapsakad. Akademiens Handlingar. 3 (1), 91-143, 1926.
- [17] Ahmad M. The phylogeny of termite genera based on imago-worker mandibles, Bulletin of the American Museum of Natural History (Entomology), 95 (2), 36-86, 1950.
- [18] Bouillon A., Mathot G., Quel est ce termite Africain. Zool. n°1, Léopoldville Univ, RDC, Léopoldville; 115p, 1965.
- [19] Roy-Noel J., Mise au point systématique sur les Coptotermes (Isoptera) du Sénégal, Bulletin de l'IFAN Serie A., 1, 145-155, 1966.
- [20] Sands W. A., The soldierless termites of Africa (Isoptera: Termitidae), Bulletin of the British Museum (Natural History), (Entomology), Supplement, 18, 244, 1972.

- [21] Sands W. A., The identification of worker castes of termite genera from soils of Africa and the Middle East. CAB International & Natural Resources International, Wallingford; 500, 1998.
- [22] Colwell R. K., EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7.0, Persistent URL [purl, Ocl. Org / estimates](http://purl.oclc.org/estimates), 2004.
- [23] Cao Y., Williams D. D., Larsen P. D., Comparison of ecological communities: the problem of sample representativeness, *Ecol Monogr.*, 72: 313–318, 2002.
- [24] Brose U., Martinez N. D., Williams R. J., Estimating species richness: Sensitivity to sample coverage and insensitivity to spatial patterns, *Ecology*, 84 (9), 2364-2377, 2003.
- [25] Hammer Ø, Harper D. A. T., Ryan P. D., PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis, *Palaeon Electr*, 4, 1–9, 2001.
- [26] Magurran A. E., Measuring biological diversity. Blackwell Science Ltd., Oxford, 2004.
- [27] Dajoz R., Précis d'Écologie. Éditions Bordas, Paris, 503 p, 1982.
- [28] Coulibaly T., AKPESE A. A. M., BOGA J-P., YAPI A., KOUASSI K. P., ROISIN Y., Change in termite communities along a chronosequence of mango tree orchards in the north of Côte d'Ivoire, *Journal of Insect Conservation*, 20: 1011-1019, 2016,.
- [29] Akpesse A. A. M., Kissi T. A. P., Coulibaly T., Diby Y. K. S., Kouassi K. P., Koua H. K., Termite assemblages and infestation in rubber plantations of M'Brimbo in Southern Côte d'Ivoire, *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*, 6 (4), 21-29, 2019.
- [30] Gbenyedji J. N. B. K., Kotoklo E. A., Amevoin K., Glitho I. A., Diversité spécifique des termites (Isoptera) dans deux plantations de tecks (*Tectona grandis* L.) au sud du Togo, *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 5 (2), 755-765, 2011.
- [31] Eggleton P., Bignell D. E., Hauser S., Dibog L., Norgrove L., Madong B., Termite diversity across an anthropogenic disturbance gradient in the humid forest zone of West Africa, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 90, 189–202, 2002.
- [32] Brown G. G., Benito N. P., Pasini A., Sautter K. S., Guimaraes M. D. F., & Torres E., No-tillage greatly increases earthworm populations in Parana state, Brazil, *Pedobiologia*, 47, 764-771, 2003.
- [33] Donovan S. E., Griffiths G. J. K., Homathevi R., Winder L., The spatial pattern of soil-dwelling termites in primary and logged forest in Sabah, Malaysia, *Ecological Entomology*, 32, 1-10, 2007.
- [34] Brauman A., Effect of gut transit and mound deposit on soil organic matter transformations in the soil feeding termite: a review, *European Journal of Soil Biology*, 36, 117-125, 2000.
- [35] Gillison A. N., Jones D. T., Susilo F. X., Bignell D. E., Vegetation indicates diversity of soil macro invertebrates: a case study with termites along a land-use intensification gradient in lowland Sumatra, *Org Divers Evol*, 3, 11-126, 2003.
- [36] Tra-Bi C. S., Akpesse A. A. M., Boga J-P., Yapi A., Kouasssi K. P., Konaté S., Tano Y., Diversity and abundance of Hypogenous termites (Insecta: Isoptera) in cocoa plantation (*Theobroma cacao* L) in semi deciduous forest zone (Oumé, Côte d'Ivoire), *Pensee Journal*, 76 (1), 138-146, 2014.
- [37] Guedegbe H., Houngnandan P., Roman J., Rouland-Lefevre C., Paterns of substrate degradation by some microfungi from fungus growing termites combs (Isoptera: Termitidae: Macrotermitinae), *Sociobiology*, 52 (3), 51-65, 2008.

## Les documents pour une situation d'enseignement, apprentissage des *rapports de 3C*: Cas des enseignants de l'Enseignement Primaire, Secondaire et Technique

### [ The documents for a teaching, learning situation of *3C reports*: Case of teachers in Primary, Secondary and Technical Education ]

*Israël Disashi Kabadi<sup>1</sup>, Boniface Engombe Wedi<sup>2</sup>, and Alain Kuzniak<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Professeur Associé, Université Pédagogique Nationale, Kinshasa, RD Congo

<sup>2</sup>Professeur Ordinaire, Université Pédagogique Nationale, Kinshasa, RD Congo

<sup>3</sup>Professeur des Universités, Université Diderot Paris 7, Paris, France

---

Copyright © 2020 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 article presents the different documents, including the text of the conference and the study sheets, which were used for training on *3C relationships* during the didactical seminar that we organized in order to assess not only the perception of possible specificities of *3C relationships* among the teachers of primary, secondary and professional education (EPSP) of Kinshasa (Congo DR), but also the ability of the latter to produce teaching / learning situations based on said *3C relationships*. This aims to facilitate the popularization of *3C relationships* with a view to promoting the involvement of interdisciplinarity in the development of teaching / learning situations for the various elementary objects of knowledge.

**KEYWORDS:** Didactics of mathematics, teaching Science, relationship to knowledge, anthropological approach, sociological approach, didactical approach, Disciplinary game, 3C relationships, level scale.

**RESUME:** Cet article présente les différents documents, entre autres le texte de la conférence et les fiches d'études, ayant servi à la formation sur les *rapports de 3C* lors du séminaire didactique que nous avons organisé dans le but d'apprécier non seulement la perception des spécificités éventuelles des *rapports de 3C* chez les enseignants de l'Enseignement Primaire, Secondaire et Professionnel (EPSP) de Kinshasa (CONGO RD), mais également la capacité de ces derniers à produire des situations d'enseignement / apprentissage basées sur lesdits *rapports de 3C*. Ceci a pour but de faciliter la vulgarisation des *rapports de 3C* en vue de promouvoir l'implication de l'interdisciplinarité dans l'élaboration des situations d'enseignement / apprentissage des différents objets élémentaires de savoir.

**MOTS-CLEFS:** Didactique des mathématiques, Didactique des sciences, Rapport au savoir, Approche anthropologique, Approche sociologique, Approche didactique, jeu disciplinaire, *Rapports de 3C*, Echelle des niveaux.

#### 1 CONTEXTE DE L'ÉTUDE

L'identification de la typologie définitoire des *rapports de 3C*, dans le cadre de la découverte d'une piste féconde en recherches visant l'étude didactique du rapport au savoir de n'importe quel objet élémentaire de savoir a pu avoir lieu sur base de l'adoption d'un principe préalable à l'apprentissage, notamment celui fournissant la possibilité d'établir la relation, ou mieux d'instituer ou de mettre en application, le rapport au savoir.

Pour cela, nous avons tenu un séminaire didactique qui a permis d'apprécier non seulement la faisabilité d'une étude du rapport au savoir avec les *rapports de 3C*, mais également la perception de ces derniers par les enseignants de notre école échantillon, les documents de formation et les principes d'évaluation relatifs à ces *rapports de 3C*.

Il s'avère qu'une des conclusions de notre article issu de cette étude, notamment « La typologie définitoire des *rapports de 3C*: une piste féconde en recherches visant l'étude didactique du rapport au savoir », stipule ce qui suit:

« Les 11 fiches (documents) que nous avons conçues et annexées au texte de notre conférence, pour l'organisation d'ateliers et de l'évaluation prévus à sa suite, dans le cadre du séminaire didactique sur le thème « Le rapport au savoir comme enjeu du processus d'enseignement/apprentissage dans une perspective didactique: Les *rapports de 3C* » se sont avérées bonnes et adaptées pour les activités de formation portant sur les *rapports de 3C*, cela en faveur d'une étude didactique du rapport au savoir de n'importe quel objet élémentaire de savoir, avec des principes d'évaluation appropriés et basés sur les notions suivantes: « Forme », « Contexte d'émergence » et « Jeu disciplinaire ». »

Vu qu'actuellement, la faisabilité d'une étude didactique du rapport à n'importe quel objet élémentaire de savoir est possible avec la typologie définitoire des *rapports de 3C*, il nous paraît important de publier dans cet article non seulement le texte de notre conférence mais aussi les différentes fiches d'études qui l'ont accompagnée, pour faciliter la tenue d'un séminaire didactique sur les *rapports de 3C* auprès des enseignants, et participer ainsi à la vulgarisation desdits *rapports de 3C* pour toutes les disciplines scolaires.

## 2 APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

Nous notons d'emblée que la situation d'enseignement/apprentissage des *rapports de 3C* est le séminaire didactique sur les *rapports de 3C* dont la conférence et les ateliers portent sur le thème ci-dessous:

« Le rapport au savoir comme enjeu du processus d'enseignement/apprentissage dans une perspective didactique: Les *rapports de 3C* ».

En effet, cette situation d'enseignement/apprentissage est basée sur le modèle du triangle didactique (Figure 1) donné par PORTUGAIS (1992), lequel triangle est constitué du formateur, du formé et du savoir didactique, sachant que ce triangle est une adaptation du triangle didactique de BROUSSEAU (1986)<sup>1</sup> à la formation des enseignants.

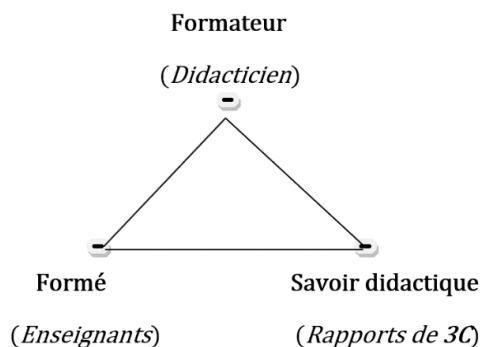


Figure 1

Nous avons mis en jeu les *rapports de 3C*, en tant que savoir didactique, pour les enseignants de l'EPSP.

Les ateliers de formation sur les *rapports de 3C* ont été constitués au sein d'une école choisie pour cette étude dans la ville province de Kinshasa (RDC) en tenant compte des directions d'études scolaires comme ci-après :

<sup>1</sup> Le triangle didactique de BROUSSEAU comprend l'élève, le maître et le savoir. In TAPAN : « Intégration de TICE dans l'enseignement des mathématiques dans des situations de prise en compte des erreurs de démonstrations », page 2.

- Pour la direction de la Maternelle (Pré-primaire): 8 enseignants.
  1. Atelier **A1**: Les enseignants de 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> années maternelles (4).
  2. Ateliers **A2**: Les enseignants de 3<sup>ème</sup> année maternelle (4).
- Pour la direction du primaire: 14 enseignants.
  3. Atelier **A3**: Les enseignants de 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> années primaires (6).
  4. Atelier **A4**: Les enseignants de 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> années primaires (5).
  5. Atelier **A5**: Les enseignants de 5<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> années primaires (3).
- Pour la direction du secondaire: 15 enseignants.
  6. Atelier **A6**: Les enseignants de l'unité pédagogique des sciences exactes (Maths, Physique, Sciences naturelles, Chimie, Biologie, Géographie, ...) (6).
  7. Atelier **A7**: Les enseignants de l'unité pédagogique des techniques (Informatique, Sciences commerciales, ...) (4).
  8. Atelier **A8**: Les enseignants des unités pédagogiques des langues et de la culture (Français, Anglais, Histoire, Education physique, ...) (5).

Ces ateliers offriront à leurs participants respectifs la possibilité de choisir librement un objet élémentaire de savoir dans une discipline scolaire appropriée, et de mettre en place trois situations d'enseignement/apprentissage relativement à chacun des *rapports de 3C*, dans l'esprit des travaux prévus pour chaque atelier.

A l'issue de ce séminaire didactique sur les *rapports de 3C*, les enseignants (participants) auront effectivement la possibilité de:

- Identifier les spécificités des *rapports de 3C*;
- Percevoir les *rapports de 3C*;
- Produire, même d'une manière descriptive, des situations d'enseignement/apprentissage, relativement aux *rapports de 3C*, pour un certain objet élémentaire de savoir.

Ainsi, dans le but d'éviter les effets du contrat didactique et donc maîtriser les effets des variables parasites, nous avons résolu de maximiser la participation active à cette étude par les enseignants en situant notre action y relative sur les trois points suivants:

- 1) Prévision des trois périodes (phases) d'activités implicitement étalées dans le temps, par intervalle de quelques mois, comme ci-après:
  - Période  $\alpha$ : La tenue de la conférence sur les *rapports de 3C*.
  - Période  $\beta$ : La tenue des ateliers sur les *rapports de 3C*.
  - Période  $\gamma$ : La passation des fiches d'évaluation du séminaire didactique sur les *rapports de 3C*.
- 2) Conception des fiches d'évaluation du séminaire didactique, de manière anonyme, et prévision d'une motivation pour sa passation.
- 3) Annonce de chaque période d'activité par une lettre adressée à la hiérarchie de l'école échantillon, sans insister sur les périodes d'activités suivantes.

Néanmoins, dans le contrat didactique, nous avons retenu la répartition des tâches entre le formateur et le formé de la manière ci-après:

a) Dans la tenue de la conférence:

1. Formateur: Exposer de la matière sur les *rapports de 3C*.
2. Formé: Réagir à l'exposé du formateur sur les *rapports de 3C*.
3. Formateur: Faciliter la découverte des réponses aux réactions des participants à son exposé.

b) Dans la tenue des ateliers:

1. Formateur: Superviser tous les travaux dans les ateliers et les motiver.
2. Formé: Participer activement à la production des fiches de travail individuel, celles de travail collectif, par rapport aux objets élémentaires de savoir choisis dans l'atelier.

c) Dans la passation des fiches d'évaluation du séminaire:

1. Formateur: Remettre les fiches d'évaluation aux participants et les motiver.
2. Formé: S'approprier le questionnaire, y répondre et le remettre le plus tôt possible, et cela consciencieusement.
3. Formateur: Recueillir les déclarations des participants en vue d'identifier les différentes préoccupations exprimées dans les fiches d'évaluation du séminaire.

### 3 CONCLUSION

Cet article a le mérite de mettre en exergue notre apport à la bonne tenue non seulement de la conférence et des travaux dans les ateliers sur les rapports de 3C, mais également de la passation des fiches d'évaluation du séminaire didactique réalisable auprès des enseignants. Toutefois, la constitution des ateliers pourra être réadaptée aux besoins et réalités du terrain d'investigation, notamment des participants.

### REFERENCES

- [1] ANDREANI, J.C. et CONCHON, F.: « Méthodes d'analyse et d'interprétation des études qualitatives: Etat de l'art en marketing ». ESCP-EAP, Paris. <http://www.escp-eap.net/conferences/marketing>.
- [2] ARTIGUE, M.: « L'ingénierie didactique », In RDM vol. 9, N°3, 1988.
- [3] ASTOLFI, J.P. et DEVELAY, M.: « La didactique des sciences », PUF, Que sais-je ? Paris, 1989.
- [4] BACHELARD, G.: « La formation de l'esprit scientifique », Vrin, Paris, 1938.
- [5] BADETTY, L. & Cie: Maitriser les Maths 4. Editions Loyola, Kinshasa, 2001.
- [6] BARDINI, C.: « Le rapport des élèves à la factorisation en fin de troisième ». Mémoire de DEA de didactique des disciplines, Didactique des Mathématiques, Université de Paris 7-Denis Diderot. In IREM, Cahiers de Didirem, N° 35 Février 2001.
- [7] BEAUCHER, C.: « Le rapport au savoir des élèves: une relation significative », Université de Sherbrooke, 4<sup>e</sup> congrès de l'AQIFGA, avril 2010.
- [8] BEAUCHER, C.; BEAUCHER, V.; et MOREAU, D.: « Contribution à l'opérationnalisation du concept de rapport au savoir », In NAFTI-MALHERBE et al. (Dir): Esprit critique Vol. 17 Rapport au savoir, octobre 2013, pages 6-29.
- [9] BEILLEROT, J.: « Savoir et rapport au savoir », Ed. Universitaires, Paris, 1989.
- [10] BELLIT, T. et PECH, E.: « Rapport au savoir en Mathématiques », Mémoire professionnel, IUFM de l'académie d'Aix-Marseille, année universitaire 2005-2006.
- [11] BEN ABDERAHMANE, M-L: « Pertinence et limites de la notion de rapport au savoir en didactique des sciences ». In A. Chabchoub (éd.), Rapports aux savoirs et apprentissage des sciences, Actes du 5<sup>ème</sup> colloque d'épistémologie des sciences, 2000, Sfax, pp. 187-194.
- [12] BERNSTEIN B. « Classes et pédagogie: visibles et invisibles » dans Deauvieu Jérôme, Terrail Jean-Pierre. Les sociologues, l'école et la transmission des savoirs. Paris: La dispute, 2007, p.85-107.
- [13] BERNSTEIN B. Pédagogie, contrôle symbolique et identité. Théorie, recherche, critique. Laval: Pul, 2007, 318 pages.
- [14] BKOUCHE Rudolph, CHARLOT Bernard, ROUCHE Nicolas: « Le rapport au savoir », in Faire des mathématiques: le plaisir du sens, Paris, Colin, 1991, 253 p. (p. 215-240). (11/1992.1044).
- [15] BKOUCHE, Rudolf: « La géométrie entre mathématiques et sciences physiques. », in Proceedings of 4th International colloquium on the Didactics of mathematics, volume II, édité par M. Kourkoulos, G. Troulis, C. Tzanakis, Université de Crète, 2006.
- [16] BODIN, A. & SICRE, J.P.: Evaluation du programme de Mathématiques, fin de quatrième 1989. Une étude de l'A.P.M.E.P. (Association des Professeurs de Mathématiques de l'Enseignement Public) avec le concours technique de l'IREM de BESANÇON. Publication N°77, Paris, 1989.
- [17] BOURDIEU, P. & PASSERON, J.C.: « Les héritiers-les étudiants et la culture », Ed. Minuit, Paris, 1964.
- [18] BOURDIEU, P. & PASSERON, J.C.: La reproduction. Ed. Minuit, Paris, 1970.
- [19] BROUSSEAU, G.: La relation didactique: le milieu, Actes de la 4<sup>e</sup> école d'été de didactique des mathématiques, pp. 54-68, éd. IREM de Paris 7, 1986b.
- [20] BROUSSEAU, G.: Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. In Recherches en Didactique des Mathématiques 7 (2), 33-115, France, 1986.
- [21] CAILLOT, M.: « Rapport (s) au (x) savoir (s) et apprentissages de sciences », Communications faite au Colloque 'rapport aux savoirs et didactiques des Sciences', Sfax, les 7, 8 et 9 avril 2000.
- [22] CELLULE TECHNIQUE POUR LES STATISTIQUES DE L'EDUCATION (UNESCO): Statistiques du secteur de l'éducation Pré-primaire, primaire, secondaire, éducation formelle, enseignement supérieur. Ville de Kinshasa, 2005-2006.

- [23] CHABCHOUB, A.: Rapports aux savoirs scientifiques et culture d'origine. In B. CHARLOT (Dir), les jeunes et le savoir: perspectives internationales (pp. 117-131). Anthropos, Paris, 2001.
- [24] CHANTAL, L., ...: « Emergence et développement de l'esprit critique dans une classe d'élèves de 4<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup>, Collège PABLONERUDA », Pierrefitte sur Seine, 2003.
- [25] CHARLOT, Bernard: « L'échec scolaire en mathématiques et le rapport social au savoir », Bulletin de l'APMEP, Num. 342, p. 117-124, Paris, 1984.
- [26] CHARLOT, B.: « La question du rapport au savoir: convergences et différences entre deux approches », In L'Harmattan |Savoirs 2006/1 N° 10, pages 37-43. <http://www.cairn.info/revue-savoirs-2006-1-page-37.htm>.
- [27] CHARLOT, B. et BAUTIER, E.: « Rapport à l'école, Rapport au savoir et enseignements des mathématiques », In Repères-IREM N°10, ESCOL, Université PARIS 8, 1993.
- [28] CHARLOT, B.: « Le rapport au savoir en milieu populaire », Ed. Anthropos, Paris, 1999.
- [29] CHARLOT, B.: « Du rapport au savoir, éléments pour une théorie », collection Anthropos, Economica, Paris 1997.
- [30] CHARTRAIN, J.L.: « Différentiation scolaire et conceptions des élèves entre origine sociale et réussite sociale, la logique du sujet apprenant sur le savoir: cas du volcanisme au CM », Mémoire du DEA présenté à l'université René Descartes, Paris, 1998.
- [31] CHARTRAIN J.-L. « Rôle du rapport au savoir dans l'évolution différenciée des conceptions scientifiques des élèves. Un exemple à propos du volcanisme au cours moyen 2 ». Thèse de 3<sup>e</sup>ème cycle. Université Paris 5, 2003.
- [32] CHERIX, P.-A, CONNE, F., DAINA, A., DORIER, J.-L., FLUCKIGER, A.: « Analyser le rapport aux mathématiques des enseignants peut-il aider à agir contre la désaffection des jeunes pour les études de mathématiques ? », In A. KUZNIAC, A. et M. SOKHNA (Eds) Enseignement des mathématiques et de développement: enjeux de société et de formation. Actes du colloque espace Mathématique Francophone (EMF), 2010.
- [33] CHEVALLARD, Y.: « La dialectique entre études locales et théorisation: le cas de l'algèbre dans l'enseignement du second degré. », Communication au colloque de Sèvres, 1988.
- [34] CHEVALLARD Y.: Le concept de rapport au savoir. Rapport personnel, rapport institutionnel, rapport officiel, Séminaire de Didactique des mathématiques et de l'informatique, n°108, LSD-IMAG, Grenoble, 1989.
- [35] CHEVALLARD, Y.: « Concepts fondamentaux de la didactique, perspectives apportés par une approche anthropologique », RDM, Vol. 12, N°1, p. 73-112, 1992.
- [36] CHEVALLARD, Y.: « Approche anthropologique du rapport au savoir et didactique des mathématiques. In S. Maury & M. Caillot, Rapport au savoir et didactiques, Education et sciences, Paris, Fabert, 2003.
- [37] CHEVALLARD, Yves et JULIEN, M.: « La géométrie et son enseignement comme problème, la notion de construction géométrique comme problème », Petit X N° 27, France, Juin, 1991.
- [38] DELAMOTTE, Eric: « Que produit l'école ? Réflexions sur la circulation des savoirs et leurs appropriations », Université Charles de Gaulle, Lille 3, UMR CNRS CERSATES 8529, 2002.
- [39] DEVELAY, M.: « Donner du sens à l'école », collection Pratiques et enjeux pédagogiques, Juillet 1976.
- [40] DEVELAY, M.: « Pour une épistémologie des savoirs scolaires ». Une réflexion critique sur les principes, les méthodes et les résultats des savoirs enseignés à l'école permet d'en identifier les éléments structurels et de mettre l'accent sur le fondamental au détriment de l'accessoire. L'approche épistémologique apporte en outre un éclairage neuf sur la notion d'interdisciplinarité et sur le champ des didactiques disciplinaires. Pédagogie collégiale, Vol. 7 N°1, Octobre 1993.
- [41] DEVELAY, Michel: « A propos des savoirs scolaires », VEI Enjeux, N° 123, décembre, 2000, pages 28-37. [www.sceren.fr/revuevei/123/02803711.pdf](http://www.sceren.fr/revuevei/123/02803711.pdf).
- [42] DEVELAY, M.: « Savoirs scolaires et didactiques des sciences ». ESF, Paris, 1995.
- [43] DISASHI KABADI, I.: « Le rapport au savoir des élèves congolais de 4<sup>e</sup>ème année secondaire au théorème de Pythagore », Mémoire de DEA présenté et soutenu à la chaire UNESCO de l'Université MARIEN-NGWABI, Brazzaville, 2012.
- [44] DISASHI KABADI, I. et ENGOMBE WEDI, B.: « Sur une étude comparative du rapport au savoir des élèves de différents niveaux des humanités scientifiques: cas du rapport au théorème de Pythagore en 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> années secondaires », In Presses de l'Université Pédagogique Nationale (PUPN) N° 056a, pages 111-122, Kinshasa, 2013 (Juillet-Septembre).
- [45] DISASHI KABADI, I.: « Sur l'étude didactique du rapport au savoir des élèves et la problématique du niveau dudit rapport: Cas du théorème de Pythagore », In International Journal of Innovation and Applied Studies, vol. 21, N° 3, pp. 449-460, octobre, 2017.
- [46] DISASHI KABADI, I.: « La typologie définitoire des rapports de 3C: Une piste féconde en recherches visant l'étude didactique du rapport au savoir », In International Journal of Innovation and Applied Studies, vol. 22, N° 2, pp. 158-168, Janvier, 2018.
- [47] DISASHI KABADI, I.: « Contribution à l'étude didactique du rapport au savoir: Perspectives apportées par une étude du rapport au théorème de Pythagore », Thèse de doctorat présentée et soutenue à l'Université Pédagogique Nationale, Kinshasa, 21/12/2019.

- [48] DOUADY, R.: «Des apports de la didactique des mathématiques à l'enseignement», In Repères-Irem N°6, IREM de Paris, 1992.
- [49] DOUADY, R.: « Rapport Enseignement Apprentissage: dialectique outil-objet, jeux de Cadres ». Edition revue et augmentée, Cahier de didactique des mathématiques, IREM Université Paris VII, N° 3.
- [50] DOUADY, Régine: « Ingénierie didactique et évolution du rapport au savoir en mathématiques Collège seconde», in IREM, L'enseignement des mathématiques: des repères entre savoirs, programmes et pratiques, Pont-à-Mousson, Topiques éd. 1996, p. 241-256 (11/1999.1340).
- [51] GONSETH, F. « La géométrie et le problème de l'Espace (6 volumes). Editions du Griffon, Neuchâtel 1945-1955. [Volume II. Les trois aspects de la géométrie.]
- [52] GRAS, R.: « Contribution à l'étude expérimentale et à l'analyse de certaines acquisitions cognitives et de certains objectifs didactiques en mathématiques ». Thèse d'Etat, Université de Rennes I, octobre 1979.
- [53] GRUGEON-ALLYS, B.: « Les pratiques des enseignants débutants de Mathématiques du second degré: vers des ingénieries de formation », DIDIREM, Université Paris VII, France, EMF 2009.
- [54] HAYDER: « Rapport au savoir et culture », In International Journal of Sciences Education, n°2, 1977.
- [55] JEGOU – MAIRONE, C.: « L'enseignement de l'évolution des espèces vivantes à l'école primaire française. Rapports au Savoir d'enseignants et d'élèves de cycle 3. », Thèse de doctorat, Université d'Aix-Marseille I, 2009.
- [56] JELLAB, A.: Sclolarité et rapport aux savoirs en lycée professionnel. PUF, Paris, 2001.
- [57] KALALI, F.; « Rapport au savoir: bilan sur la place du sujet dans les différents travaux », Actes du Congrès international Actualité de la Recherche en Education et en Formation (AREF), Strasbourg, 2007.  
[http://www.congresintaref.org/actes\\_site.php](http://www.congresintaref.org/actes_site.php).
- [58] KAYEMBE & Cie: Maitriser les Maths 3. Editions Loyola, Kinshasa, 1996.
- [59] KELLER, Olivier: « Préhistoire de la géométrie: le problème des sources », Réunion, Août 2001.
- [60] KUZNIAC, A.: « Articulation des connaissances mathématiques et didactiques pour l'enseignement: pratiques et formation », In Actes du colloque EMF 2012 (GT1, p. 155-159).
- [61] KUZNIAC, A.: Diversité des mathématiques enseignées « ici et ailleurs»: L'exemple de la géométrie. In Actes du 32<sup>e</sup> colloque COPIRELEM, pp. 47-66, IREM de Strasbourg, 2005.
- [62] KUZNIAC, Alain: « Paradigmes et espaces de travail géométrique, Note pour habilitation à diriger des recherches », IREM de Paris 7, Paris, 2004.
- [63] L'ECUYER, R.: L'analyse de contenu: définition, étapes, problèmes et objectivation. In Actes du colloque L'analyse des données qualitatives, le 5 avril 1990, édité par L.-P. Boucher, Chicoutimi, UQAC, pages 31-51.
- [64] LEGER, A.: « L'unité dialectique des approches quantitative et qualitative: quelques aspects d'une complémentarité conflictuelle », Communication au colloque "Pour un nouveau bilan de la sociologie de l'éducation", Paris, INRP, 1993.
- [65] LOMBARD, P.: « Peut-on envisager une transposition didactique des mathématiques qui les rende accessibles au plus grand nombre ? » (IREM de LORRAINE). [www.irem.univ-lorraine.fr/Lomb/sens.pdf](http://www.irem.univ-lorraine.fr/Lomb/sens.pdf).
- [66] MAGEN, Alain: « Ombres et lumières sur les erreurs en Algèbre et en Géométrie au Collège (et ailleurs). Le projecteur rhétorique », In Repères, IREM des Antilles et de la GUYANE, N° 45, Octobre, 2001.
- [67] MINEPSP: Programme national des mathématiques, Enseignement secondaire, Cycle long, toutes sections. Direction des programmes scolaires et Matériel didactique. CEREDIP EDIDEPS, Kinshasa, 2005.
- [68] MARGOLINAS, C.: La structuration du milieu et ses apports dans l'analyse a posteriori des situations. In MARGOLINAS, C. (ed) Les débats de didactique des mathématiques, La Pensée sauvage éditions, Grenoble, 1995, (pp.89-102).
- [69] MATON, K.: Gravité sémantique et apprentissage segmenté. La question de la construction du savoir et de la création de détenteurs de savoir. In Frandji Daniel, Vitale Philippe: Actualité de Bazil Berstein. Savoir, pédagogie et société. Rennes: PUR, 2008, p. 150-168.
- [70] MAURY, S. & CAILLOT, M.: « Quand les didactiques rencontrent le rapport au savoir ». In S. Maury & M. Caillot, Rapport au savoir et didactiques, Education et sciences, Paris, Fabert, 2003, pp. 13-32.
- [71] MOSCONI Nicole, BEILLEROT Jacky, BLANCHARD-LAVILLE Claudine (dir): « Formes et formations du rapport au savoir », Paris, L'Harmattan, 2000 (11/2000-1458).
- [72] NAFTI-MALHERBE, C.: « Rapport au savoir Habitus et reproduction sociale ». In NAFTI-MALHERBE et al. (Dir): Esprit Critique Vol 17 Rapport au savoir, 2013, pp. 209-217.
- [73] NAUDY, G.: « Pour un nouveau rapport au savoir. De la capacité à la compétence en Histoire-Géographie », Cité scolaire internationale de Lyon.
- [74] NGONGO DISASHI, P.R.: « La recherche scientifique en Education », AB, Belgique, Louvain-la-Neuve, 1999.
- [75] NGONGO DISASHI, P.R.: Science de l'enseignement. Psychologie des apprentissages et relation pédagogique. Université Pédagogique Nationale/ACUSE, KINSHASA, 2005-2006.



- [76] PERRIN-GLORIAN, Marie-Jeanne: « Eclairages et questions pour la didactique des mathématiques: cadres et registres en jeu dans la résolution des problèmes en lien avec les connaissances des élèves et recherches sur l'action des enseignants en classe. », In Annales de didactique et des sciences cognitives, volume 9, p. 67-82, IREM de Strasbourg, Strasbourg, 2004.
- [77] PLUVINAGE, F.: « Sur les méthodes et les résultats de la didactique des mathématiques ». In Annales de didactique et des sciences cognitives, vol. 9, p. 7 - 43, IREM de Strasbourg: Strasbourg, 2004.
- [78] REY, A.: La science dans l'Antiquité, Volume 5, « L'apogée de la science technique grecque: L'Essor de la Mathématique », Albin Michel, Paris 1948, p. 124.
- [79] RICHARD-BOSSEZ, A.: « Saisir le rapport au savoir en actes à l'école maternelle: Eléments de réflexion conceptuels et empiriques ». In NAFTI-MALHERBE et al. (Dir): Esprit critique Vol. 17 Rapport au savoir, 2013, pages 123-135.
- [80] ROCHEX, J.-Y.: « La notion de rapport au savoir: convergences et débats théoriques », In Pratiques psychologiques N°10, 2004, pages 93-106.
- [81] SCHRAGER, M.: « Le rapport au savoir scientifique d'élèves autochtones: vers une compréhension de l'expérience scolaire en sciences », thèse présentée et soutenue le 14/09/2010, et publiée par l'université du Québec, Montréal, Janvier 2011.
- [82] TEBOURBI, N.: « L'apprentissage organisationnel: Penser l'organisation comme processus de gestion des connaissances et de développement des théories d'usage », Télé-université, Université du Québec, 2000.
- [83] TERISSE, A.: « Rapport au savoir et enjeux de savoir pour les enseignants d'EPS: " Une médiation aisée pour situer le sujet: d'un rapport au savoir" ». In symposium « Rapports au (x) savoir (s): du concept aux usages », Strasbourg, 2007.
- [84] TONNELLE, J.: « Le monde clos de la factorisation au premier cycle. », Mémoire de DEA de didactique des mathématiques, Université d'Aix-Marseille II, Université de Bordeaux I, 1979.
- [85] VENTURINI, P. & ALBE, V.: « Interprétation des similitudes et des différences dans la maîtrise d'étudiants en électromagnétisme à partir de leur (s) rapport (s) au (x) savoir (s) », Aster, 35, pp 165-188, Université P. Sabatier, Toulouse.

## ANNEXE A : TEXTE DE LA CONFÉRENCE DU SÉMINAIRE DIDACTIQUE SUR LES RAPPORTS DE 3C

*Séminaire didactique**Sur :*

**« Le rapport au savoir comme enjeu du processus d'enseignement/apprentissage dans une perspective didactique : Les rapports de 3C. »**

Par :

Israël DISASHI KABADI*Doctorant en Didactique des Mathématiques***Introduction**

Le rapport au savoir, un concept traité actuellement dans plusieurs approches théoriques a été aussi sujet de réflexion pour CHARLOT (2003) qui a pu déclarer ceci : « Le concept de rapport au savoir permet de porter un autre regard sur les situations didactiques ». Ceci, nous permet de nous fixer sur ce que c'est que « **la didactique** » et ce que c'est que « **les situations didactiques** », de la manière suivante :

- Par « **la didactique** »<sup>2</sup>, nous entendons « la science de la diffusion des connaissances et des pratiques dans les groupes humains - une classe scolaire, « la » société, une institution<sup>3</sup>, etc. ». D'où l'idée de « la didactique des disciplines » dans le cadre des institutions scolaires en rapport avec les connaissances et pratiques des disciplines scolaires. Nous pouvons dire avec CHEVALLARD que l'objectif de la didactique est de nous permettre d'entretenir un rapport moins naïf, mieux armé aux phénomènes de diffusion (et de non diffusion) des savoirs et des savoir-faire.
- Par « **les situations didactiques** », nous entendons « l'ensemble des circonstances dans lesquelles une personne se trouve, et des relations qui l'unissent à son milieu, et où se manifeste directement ou indirectement l'intention d'enseigner »<sup>4</sup>. Une situation didactique englobe donc tout l'environnement de l'élève et notamment l'enseignant.

En outre, MAURY et CAILLOT (2003) ont appuyé cette idée de CHARLOT en paraphrasant que « la notion de rapport au savoir intéresse au premier degré les chercheurs en didactique car elle se trouve au cœur même du processus d'enseignement/apprentissage, et c'est quel que soit le point de vue théorique que l'on adopte ».

Ainsi, cette approche didactique du concept de rapport au savoir apparaît dans des travaux dès les années 1990, et s'est enrichi des divers cadres théoriques, notamment l'approche par la psychanalyse [CREF- BEILLEROT<sup>5</sup>, 1989], celle par la microsociologie (ou socio-anthropologie) [ESCOL<sup>6</sup> – CHARLOT, 1997], celle par l'anthropologie des savoirs [CHEVALLARD, 1992]. En effet, le rapport au savoir s'apprécie à travers les particularités et les spécificités des disciplines scolaires et des savoirs qu'elles portent.

Toutefois, la complémentarité des approches microsociologique et anthropologique a été déjà discutée par VENTURINI (2007b) : « il apparaît légitime de penser que le rapport personnel à un objet de savoir, qui correspond à la connaissance qu'un individu a de cet objet, sur des plans très variés, va avoir une influence sur les relations de valeur et de sens qu'il va entretenir avec lui ».

<sup>2</sup> Yves CHEVALLARD : « Approche anthropologique du rapport au savoir et didactique des mathématiques », 2003.

<sup>3</sup> Institution comme un dispositif social qui permet et impose à ses sujets, c'est-à-dire aux personnes qui viennent y occuper les différentes positions proposées dans l'Institution, la mise en jeu de manières de faire et de penser propres [CHEVALLARD, 2003].

<sup>4</sup> Alain KUZNIAK : « La théorie des situations didactiques de BROUSSEAU », 2004.

<sup>5</sup> BEILLEROT : CREF= Centre de Recherche Education et Formation, 1989.

<sup>6</sup> Charlot : ESCOL= Education Sociologie et Collectivités Locales, 1997.

Le rapport qu'entretient un sujet au savoir enseigné révèle au chercheur l'enjeu que constitue pour lui ce savoir ; cela, notamment dans les entretiens d'après coup. D'où, pour que l'apprentissage soit possible, nous considérons<sup>7</sup> le fait qu'il faut d'abord établir la relation (i.e. mettre en application ou instituer le rapport au savoir).

Dans cette perspective, notamment dans le cadre de renforcement des capacités pour une gestion adéquate des situations d'enseignement/apprentissage (i.e. situations didactiques), nous avons voulu échanger autour de ce thème ci-après :

**« Le rapport au savoir comme enjeu du processus d'enseignement/apprentissage dans une perspective didactique : Les rapports de 3C »**

Notre exposé se fera sur deux niveaux, comme ci-après :

1. Etude didactique du rapport au savoir : cas du théorème de Pythagore.
2. Typologie du rapport au savoir : Les rapports de 3C.

**Développement**

I. Etude didactique du rapport au savoir : cas du théorème de Pythagore.

L'approche didactique du concept de rapport au savoir s'est enrichie, comme nous l'avons signalé déjà au niveau de notre introduction, des divers cadres théoriques. Cependant, notre mémoire de DEA de Didactique de disciplines, orientation Didactiques des Mathématiques a été basé sur l'étude du rapport au savoir d'un élève congolais de 4<sup>ème</sup> année secondaire au théorème de Pythagore. Cette étude faite dans une triple approche théorique du rapport au savoir, notamment l'approche anthropologique dont l'entrée du rapport au savoir est prééminent du côté du sujet cognitif ; ensuite, l'approche sociologique dont l'entrée du rapport au savoir est du côté du sujet psycho-social, et l'approche didactique dont l'entrée du rapport au savoir est du côté du savoir ; nous a conduits au constat suivant :

- ❖ Dans l'approche sociologique : Ces relations sont identifiées en termes d'attitudes que l'on retrouve dans l'échelle d'attitudes définie par le groupe de recherche « Education, Didactiques et Psychologie » [CHABCHOUB, A. 2001]. Et, on peut apprécier l'évolution de ce rapport au savoir.
- ❖ Dans l'approche anthropologique : Ces relations sont identifiées en termes de compétences institutionnelles, car elles sont en principe commandées par un rapport à la connaissance qui met au premier plan la fonctionnalité des savoirs ou leur utilité publique ou privée. Et, on peut également apprécier l'évolution de ce rapport au savoir.
- ❖ Dans l'approche didactique : Ces relations se démarquent des attitudes et des compétences institutionnelles, et restent donc à définir. De même, l'évolution de ce rapport reste à définir.

Sur ce, et en considérant que le théorème de Pythagore, comme tout autre concept ou théorème, n'a d'intérêt que dans son rapport précis et quantifié<sup>8</sup> au « sens » qui éclaire la discipline dans son intégralité, nous avons adopté une approche théorique, notamment l'approche didactique du rapport au savoir, en nous intéressant à la problématique de l'opérationnalisation dudit rapport, plus précisément des relations des élèves au théorème de Pythagore, en vue de pouvoir déterminer une échelle des niveaux susceptible de faciliter l'étude de l'évolution dudit rapport au savoir.

D'où notre questionnement que voici :

*« Comment peut-on arriver à opérationnaliser le rapport au savoir des élèves au théorème de Pythagore et déterminer le niveau dudit rapport au savoir sur le plan didactique ? Quelles variables pourraient l'influencer ».*

Pour répondre à ce questionnement, nous avons pu prendre comme idée directrice, l'hypothèse ci-après :

*« L'analyse des écrits didactiques relatifs aux réflexions sur les situations d'enseignement/apprentissage du théorème de Pythagore pourrait conduire à la détermination des relations audit théorème, et en faciliter ainsi la mise sur pied d'une échelle*

---

<sup>7</sup> Chantale BEAUCHER : « Le rapport au savoir des élèves : une relation significative », 4<sup>ème</sup> congrès de l'AQIFGA, Avril 2010, P. 18 [Université de Sherbrooke].

<sup>8</sup> LOMBARD : « Existe-t-il une transposition didactique qui soit accessible au plus grand nombre ? ».

*des niveaux utile pour l'étude éventuelle de l'évolution du rapport personnel des élèves. Le niveau de classe, et/ou certaines variables didactiques pourraient l'influencer. ».*

Pour atteindre l'objectif de notre étude, à savoir la détermination des indicateurs didactiques du rapport au théorème de Pythagore ainsi que les variables qui influeraient sur eux, nous avons considéré trois axes pour nos investigations, lesquels axes nous ont permis d'atteindre respectivement les résultats ci-après :

#### **1<sup>er</sup> Axe : Détermination opérationnelle du rapport au savoir des élèves au théorème de Pythagore.**

En analysant les écrits didactiques relatifs aux problèmes d'enseignement/apprentissage du théorème de Pythagore, nous avons pu identifier trois relations sur le plan didactique, ces relations étant perçues du côté de notre objet élémentaire du savoir de la manière ci-dessous.

Retenant le fait que, sur le plan didactique, il s'agit ici de la relation que peut entretenir un élève avec le théorème de Pythagore, le travail en amont nous a permis d'identifier ce que nous appelons en définitive « **Rapports de 3C** »<sup>9</sup> [ Rapport de Connaissance, Rapport de Compréhension et Rapport de Contextualisation]. Ces trois dimensions du rapport des élèves au théorème de Pythagore se manifestent de la manière ci-après :

##### ❖ La dimension du « **rapport de connaissance** ».

En effet, un élève de 4<sup>ème</sup> année secondaire a nécessairement étudié en 3<sup>ème</sup> année secondaire le théorème de Pythagore, car cet objet élémentaire de savoir y est introduit déjà selon les textes officiels de l'EPSP, ainsi que l'attestent aussi les manuels scolaires utilisés à ce niveau d'études. Cela nous a conduit à considérer qu'il existe une relation de connaissance de cet objet élémentaire de savoir auprès des élèves de 4<sup>ème</sup> année secondaire. Ce rapport que nous notons par « **Rap1** » a été évalué au travers des productions des élèves à notre questionnaire de recherche sur base de la capacité d'un élève à produire l'une des informations suivantes :

- a. Cite ou donne : « le théorème de Pythagore ».
- b. Cite ou donne : « la relation (ou propriété) de Pythagore ».

##### ❖ La dimension de « **rapport de compréhension** ».

En effet, nous avons accepté l'idée qu'un élève [M. DEVELAY, 1995] est capable d'utiliser le théorème de Pythagore lorsqu'il a compris que ledit théorème n'est pas lié à un triangle rectangle avec seulement la connaissance de la valeur de deux côtés de l'angle droit pour la valeur de l'hypoténuse, mais que toute figure qui s'apparente à un triangle rectangle permet d'utiliser le théorème de Pythagore. Ce qui nous a permis de considérer qu'il existe au moins une relation de compréhension de cet objet auprès des élèves de 4<sup>ème</sup> année secondaire, laquelle relation se manifeste dans la reconnaissance par l'élève de toutes les formes équivalentes à la forme traditionnelle (initialement reconnue dans l'institution scolaire) de la relation de Pythagore.

Ce rapport que nous notons par « **Rap2** » a été évalué au travers des réponses des élèves à notre questionnaire sur base de la capacité d'un élève à utiliser le théorème de Pythagore pour toute figure qui s'apparente à un triangle rectangle, et cela en dehors du recours au jeu géométrique des « **sur-sous-figures** ».

##### ❖ La dimension du « **rapport de contextualisation** ».

Les réflexions sur la circulation des savoirs ont permis à Eric DELAMOTTE [2002] de déclarer cette idée que nous avons également optée, concernant la question de savoir ce que produit l'école, nous citons :

*« Il ne s'agit pas de savoir ce que nous avons acquis, mais de savoir ce que sont nos aptitudes intellectuelles (savoir exploiter l'information, résoudre des problèmes, exercer son jugement critique, mettre en œuvre sa pensée créatrice) ».*

---

<sup>9</sup> I. DISASHI KABADI : « Le rapport au savoir d'un élève congolais de 4<sup>ème</sup> année secondaire au théorème de Pythagore », Mémoire de DEA, CUSEAC, Université Marie-Ngambi, Brazzaville, République du Congo, 2012, pg. 70-133.

Ceci l'a conduit enfin à réaliser qu'un élève qui aura étudié le théorème de Pythagore ne le saura que lorsqu'il sera capable de le contextualiser. Ce qui nous a conduit aussi à considérer qu'il existe une relation de contextualisation de cet objet auprès des élèves de 4<sup>ème</sup> année secondaire.

Ce rapport que nous notons par « **Rap3** » a été évalué au travers des réponses des élèves à notre questionnaire sur base de la capacité d'un élève à exploiter l'information, à exercer son jugement critique et à mettre en œuvre sa pensée créatrice jusqu'à trouver une figure s'apparentant à un triangle rectangle, contexte favorable à l'utilisation du théorème de Pythagore. En effet, ceci va se manifester par la manipulation maîtrisée du jeu géométrique chez l'élève au travers de son utilisation des informations implicitement pertinentes qu'il aura découvertes dans le problème à résoudre.

En définitive, nous avons retenu le fait qu'un(e) élève entretient l'un de ces rapports de 3C à condition qu'il (elle) ait utilisé le théorème de Pythagore dans plus de 50% des questions relatives audit rapport.

**2<sup>ème</sup> Axe :** *Détermination opérationnellement d'une échelle des niveaux du rapport au savoir des élèves au théorème de Pythagore.*

Pour faciliter la mise sur pieds d'une échelle des niveaux du rapport au savoir des élèves au théorème de Pythagore sur le plan didactique, nous avons arrêté les principes de cotations ci-après :

- ❖ La cote **A** : L'élève entretient exactement tous les trois *rapports de 3C*.
- ❖ La cote **B** : L'élève entretient exactement deux de trois *rapports de 3C*.
- ❖ La cote **C** : L'élève entretient exactement un des trois *rapports de 3C*
- ❖ La cote **D** : L'élève n'entretient aucun des trois *rapports de 3C*.

Les cotes ci-dessus nous ont permis de définir une échelle de trois niveaux du rapport au savoir d'un élève au théorème de Pythagore, notamment le niveau « **Bas** », le niveau « **Moyen** » et le niveau « **Elevé** » ; et cela de la manière ci-après :

- ❖ Le niveau « **Bas** » : L'élève a obtenu une des cotes **C** ou **D**.
- ❖ Le niveau « **Moyen** » : L'élève a obtenu la cote **B**.
- ❖ Le niveau « **Elevé** » : L'élève a obtenu la cote **A**.

L'évolution de ce rapport au savoir des élèves au théorème de Pythagore va ainsi de l'ignorance ou la maîtrise d'un de ces rapports de **3C** à la maîtrise de tous les trois rapports de **3C**.

**3<sup>ème</sup> Axe :** *Exemple d'étude didactique du rapport au savoir des élèves au théorème de Pythagore : cas des élèves des humanités scientifiques.*

Pour rendre notre étude plus intéressante, nous avons pris l'option de tester la faisabilité d'une étude didactique du rapport au savoir au théorème de Pythagore en prenant en compte le fait que l'on ne peut pas comprendre les apprentissages personnels des élèves si l'on ne cherche pas [Y. CHEVALLARD, 1992] à comprendre les apprentissages institutionnels, et que, semblablement, on ne peut pas comprendre les échecs d'apprentissages personnels sans prendre en compte le refus de connaître de certaines institutions dont l'élève (ou la personne) en échec est le sujet.

Ce qui nous a poussés à nous orienter vers l'approche anthropologique du rapport au savoir, afin d'interroger d'abord les institutions scolaires, par l'analyse des programmes officiels et des manuels scolaires en vue d'y découvrir les relations prises en compte, ensuite, interroger les élèves au travers d'un questionnaire de recherche mettant en jeu les différentes relations au théorème de Pythagore, avec pour finalité l'appréciation de la superposition éventuelle des deux rapports (de l'institution et de l'élève) au savoir en jeu.

A l'issue de nos investigations, nous avons eu les résultats ci-après :

- ❖ L'opérationnalisation du rapport au savoir des élèves au théorème de Pythagore est possible avec les rapports de **3C** que nous avons identifiés, notamment : **Rap1** (rapport de connaissance), **Rap2** (rapport de compréhension) et **Rap3** (rapport de contextualisation) ; étant donné que le recours<sup>10</sup> au théorème de Pythagore lors de la résolution des problèmes s'est avéré significativement différent d'un rapport de **3C** à l'autre.
- ❖ La détermination du niveau du rapport au savoir des élèves est possible sur base d'une échelle des niveaux, notamment cette échelle opérationnelle de trois niveaux que nous avons définie de la manière suivante : niveau « **Bas** » (pour l'ignorance ou le développement d'un des rapports de **3C** chez l'élève), niveau « **Moyen** » (pour le développement d'exactement deux des rapports de **3C** chez l'élève) et niveau « **Elevé** » (pour le développement de tous les rapports de **3C** chez l'élève). Concrètement, nous avons, dans les humanités scientifiques d'une école de Kinshasa et dans une approche didactique, réalisé une étude du rapport des élèves au théorème de Pythagore ; ceci nous a permis de constater que le niveau des élèves de notre échantillon est le niveau bas (soit 13/20).
- ❖ La détermination des variables susceptibles d'influencer le rapport au savoir est possible avec l'usage des tests statistiques. D'où, il s'est avéré que, pour l'étude concrète citée ci-dessus, le dessin et l'ensemble de référence de l'enseignement auraient influé sur les rapports de 3C avec un niveau de confiance de 99%; contrairement aux variables « la situation du problème » et « la multiplicité d'application du théorème de Pythagore ». Ces résultats peuvent être sujets de vérifications sur un grand échantillon.

L'intérêt majeur de cette étude réside en ce que qu'il permet d'étudier la pertinence éventuelle du rapport au savoir, laquelle pertinence rendra justifiée, une fois constatée, une intervention didactique en vue de faire évoluer [R. DOUADY, 1996] ledit rapport au travers d'une ingénierie didactique appropriée.

## II. Typologie du rapport au savoir : rapports de 3C.

Considérant le fait qu'il n'y a pas de savoir sans rapport au savoir [CHARLOT, 1997, p. 68], d'une part, et que les rapports de 3C sont opérationnalisables, d'autre part, nous avons réfléchi sur une généralisation (adaptation), à tout savoir, des rapports de 3C en identifiant leurs spécificités éventuelles. Il ressort ainsi deux notions de base, notamment « **la forme** » et « **le contexte** » d'un objet élémentaire de savoir, deux notions pour lesquelles nous précisons ci-après leurs significations pour nous :

- ❖ Par « **forme** », nous entendons « la manière dont les parties d'un objet élémentaire de savoir sont arrangées entre elles lors de sa présentation ».
- ❖ Par « **contexte** », nous entendons « l'ensemble des circonstances, situation globale où se situe un objet élémentaire de savoir » ou « les contraintes de fonctionnement d'un objet élémentaire de savoir lui-même situé dans une institution scolaire ».

Nous avons trouvé, en outre, que le concept de la transposition didactique<sup>11</sup> (T.D.) occupe actuellement, comme celui de la représentation, une position centrale dans le champ de la didactique des sciences. Son intérêt est :

1. d'une part, de replacer les savoirs dans leur contexte social d'émergence, ce qui nécessite une double vigilance ci-après :
  - Vigilance épistémologique : la distance entre les savoirs enseignés et leurs origines du côté des savoirs savants.
  - Vigilance sociologique : la distance entre les savoirs enseignés et leur origine du côté des pratiques sociales de référence ou des conditions historiques de constitution des savoirs savants ;
2. d'autre part, de proposer une grille interprétative des contenus d'enseignement que l'enseignant aura à faire s'approprier aux élèves, ce qui entraîne à une capacité à statuer sur les différents contenus à enseigner quant à leur hiérarchisation au sein d'une discipline donnée.

<sup>10</sup> I. DISASHI K. : « Le rapport au savoir d'un élève congolais de 4<sup>ème</sup> année secondaire au théorème de Pythagore ». Mémoire de DEA, CUSEAC, Université Marien-Ngwabi, Brazzaville, République du Congo, 2012, pg. 150, 154 .

<sup>11</sup> ASTOLFI, J.P. & DEVELAY, M : « La didactique des sciences », 1989.

Ainsi, les rapports de 3C d'un objet élémentaire de savoir se présentent typiquement de la manière ci-dessous (voir Tableau 01), étant donné que l'on y trouve quelques spécificités porteuses de leur pertinence dans la description de la rencontre entre le sujet et l'objet de connaissance.

Nous pouvons dire avec madame MIRIAM que la notion de rapport au savoir semble pertinente pour la description de la rencontre entre le sujet et l'objet de connaissance. Cependant, pour elle, ceci repose sur deux raisons suivantes :

- Elle ne réduit pas cette rencontre à un processus purement épistémique.
- Elle rompt avec les conceptions qui situent les causes de l'échec scolaire dans les seules caractéristiques socioculturelles des élèves et qui n'arrivent pas à expliquer pourquoi certains enfants de milieux populaires réussissent malgré tout à l'école.

Tableau 01

| N° d'ordre | Rapport de 3C                        | Code du rapport | Caractérisation de sa situation d'apprentissage <sup>12</sup>                                                                     | Manifestation du rapport                                                                                                                                      |
|------------|--------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.         | <i>Rapport de connaissance</i>       | <b>Rap1</b>     | Introduction/émergence du savoir institutionnalisé.                                                                               | Formuler ou reconnaître le savoir institutionnalisé.                                                                                                          |
| 2.         | <i>Rapport de compréhension.</i>     | <b>Rap2</b>     | Apparition explicite du contexte d'application du savoir institutionnalisé relativement dans ses différentes formes équivalentes. | Percevoir le contexte d'utilisation du savoir institutionnalisé en jeu par la reconnaissance d'une des formes du savoir concerné.                             |
| 3.         | <i>Rapport de contextualisation.</i> | <b>Rap3</b>     | Apparition implicite du contexte du savoir institutionnalisé.                                                                     | Expliciter le contexte d'utilisation du savoir institutionnalisé en se basant sur les informations implicites et pertinentes de la situation d'apprentissage. |

## Conclusion

Il est vrai, comme l'a déclaré Yves CHEVALLARD, que toute formation est potentiellement destructrice des rapports personnels qui pourraient faire obstacle à la mise en place des rapports visés, tandis que, en sens inverse, elle vient confronter certains rapports anciens, qui fonctionnent alors comme autant de points d'appui de la formation projetée.

En prenant en compte les hypothèses ci-après de Michel DEVELAY, nous trouvons que le savoir (ou objet élémentaire de savoir) peut changer des formes et peut être utilisé dans des contextes différents, et particulièrement, selon notre point de vue, à deux conditions suivantes : d'une part, toutes ses formes sont équivalentes du point de vue syntaxique et/ou sémantique ; et d'autre part, ce nouveau contexte contient implicitement le contexte d'émergence initiale du savoir concerné dans le système scolaire, ceci pour n'importe quelle discipline scolaire.

Voici les deux hypothèses de Michel DEVELAY :

1. Une hypothèse selon laquelle le savoir prend du sens dès lors que l'on en montre les pratiques sociales où il peut être utile pour faire ce que l'on fait dans la vie de tous les jours.
2. Une autre hypothèse, en relation avec le fondement anthropologique des savoirs, selon laquelle on peut trouver du sens si l'on s'intéresse au rapport entre le présent et le passé ; la capacité de réutiliser dans un autre contexte ce qui a été appris dans un premier contexte nécessitant sans doute – on parle de decontextualisation et de contextualisation – un recul réflexif suffisant vis-à-vis de ce qui est enseigné.

L'entrée des rapports de 3C étant du côté du savoir, Il est donc nécessaire que les enseignants de toute discipline scolaire perçoivent les spécificités des rapports de 3C au travers d'une formation différenciée, en vue d'une mise au point des situations

<sup>12</sup> C'est : « la situation où l'élève s'implique dans une activité intellectuelle dont la conséquence est, à terme, la disponibilité d'un savoir avec son double statut d'outil et objet » [DOUADY, R., 1996].

didactiques pertinentes. Pour cela, nous envisageons la formation des 8 ateliers appropriés pour les travaux relatifs à l'appropriation des rapports de 3C par les enseignants, respectivement dans les trois directions d'études scolaires et/ou éventuellement les groupes de travail, de la manière ci-après :

❖ **Direction de la maternelle** : Deux ateliers.

Atelier N° **A1** : Enseignants de 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> maternelles.

Atelier N° **A2** : Enseignants de 3<sup>ème</sup> maternelle.

❖ **Direction de primaire** : Trois ateliers.

Atelier N° **A3** : Enseignants des classes de 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> années primaires.

Atelier N° **A4** : Enseignants des classes de 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> années primaires.

Atelier N° **A5** : Enseignants des classes de 5<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> années primaires.

❖ **Direction du secondaire** : Trois ateliers.

Atelier N° **A6** : Enseignants de l'unité pédagogique des sciences exactes.

Atelier N° **A7** : Enseignants de l'unité pédagogique des techniques.

Atelier N° **A8** : Enseignants des unités pédagogiques des langues et de la culture.

Ces ateliers seront opérationnels à l'aide de quelques documents de travail conçus pour cela ; avec des consignes bien précis et au moment convenu avec chaque direction d'études.

Je vous remercie pour votre attention.

Fait à Kinshasa, le 28 juin 2013.

**Israël DISASHI KABADI**

***Chef de Travaux/UPN et Doctorant en Didactiques des mathématiques.***



ANNEXE B : FICHES D'ÉTUDES SUR LES *RAPPORTS DE 3C*

***Le rapport au savoir comme enjeu du processus d'enseignement/apprentissage dans une perspective didactique : Les rapports de 3C.***

**FICHE N° 01/SD/IDK.**

**TYPOLOGIE DES RAPPORTS DE 3C.**

| N° d'ordre | TYPE                                | CODE | CARACTERISATION DE LA SITUATION D'APPRENTISSAGE (SA)                                                                                                                                                 | MANIFESTATION                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------|-------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.         | <b>Rapport de connaissance</b>      | RAP1 | Apparition explicite du contexte fonctionnel du savoir institutionnalisé lors de son introduction /son émergence déterminant sa forme traditionnelle.                                                | Perception du contexte fonctionnel du savoir institutionnalisé, et aussi, utile formulation ou reconnaissance de sa forme traditionnelle.                                                                                                           |
| 2.         | <b>Rapport de compréhension</b>     | RAP2 | Apparition explicite du contexte fonctionnel du savoir institutionnalisé pour son utilisation sous l'une de ses formes non traditionnelles ; celles-ci étant équivalentes à sa forme traditionnelle. | Perception du contexte fonctionnel du savoir institutionnalisé, et aussi, formulation ou reconnaissance d'une de ses formes non traditionnelles.                                                                                                    |
| 3.         | <b>Rapport de contextualisation</b> | RAP3 | Apparition implicite du contexte fonctionnel du savoir institutionnalisé pour son utilisation sous une forme quelconque (traditionnelle ou non traditionnelle) dudit savoir.                         | Explicitation du contexte fonctionnel du savoir institutionnalisé en se basant sur les informations pertinentes, implicitement, de la situation d'apprentissage, et aussi, formulation ou reconnaissance utile d'une forme quelconque dudit savoir. |

Fait à Kinshasa, le 28/06/2013.

***Le rapport au savoir comme enjeu du processus d'enseignement/apprentissage dans une perspective didactique : Les rapports de 3C.***

**FICHE N° 02/SD/IDK**

**FORMATION DES ATELIERS.**

**I. ECOLE MATERNELLE : Deux ateliers.**

**A1** : Les enseignants de 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> maternelles.

**A2** : Les enseignants de 3<sup>ème</sup> maternelle.

**II. ECOLE PRIMAIRE : Trois ateliers.**

**A3** : Les enseignants du degré élémentaire (1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> années).

**A4** : Les enseignants du degré moyen (3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> années).

**A5** : Les enseignants du degré terminal (5<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> années).

**III. ECOLE SECONDAIRE : Trois ateliers.**

**A6** : Les enseignants de l'unité pédagogique des sciences exactes (Mathématiques, physique, sciences naturelles, Chimie, Biologie, Géographie, ...).

**A7** : Les enseignants de l'unité pédagogique des techniques (Informatique, sciences commerciales, ...).

**A8** : Les enseignants des unités pédagogiques des langues et de la culture.

Fait à Kinshasa, le 28/06/2013.

***Le rapport au savoir comme enjeu du processus d'enseignement/apprentissage dans une perspective didactique : Les rapports de 3C.***

FICHE N° 03/SD/IDK

**TACHES A FAIRE DANS UN ATELIER.**

- I. Choisir un objet élémentaire de savoir dans une discipline scolaire donnée.
- II. Réunir pour exploitation les documents de travail ci-après par rapport au savoir choisi :
  - Les programmes officiels.
  - Les manuels scolaires y relatifs.
  - Les anciennes fiches de préparation des leçons y relatives.
- III. Identifier le contexte fonctionnel (d'utilisation) du savoir choisi au travers de son introduction ou d'émergence dans le système scolaire, ainsi que la forme traditionnelle dudit savoir.
- IV. Rechercher les formes non traditionnelles du savoir choisi au travers des équivalences définitionnelles à sa forme initiale d'émergence au sein de l'institution scolaire.
- V. Donner, pour chaque rapport de 3C, une situation d'enseignement/ apprentissage disponible pour le savoir choisi, et de la manière ci-après :
  - **Rapport de connaissance (Rapp1) :**  
Voir si le contexte fonctionnel de ce savoir y est explicite et y identifier l'utilité de la forme traditionnelle d'émergence initiale du savoir concerné dans l'institution scolaire.
  - **Rapport de compréhension (Rapp2) :**  
Voir si le contexte fonctionnel de ce savoir y est explicite et y identifier la nécessité d'utiliser une de ses formes non traditionnelles.
  - **Rapport de contextualisation (Rapp3) :**  
Voir si le contexte fonctionnel de ce savoir y est implicite au travers des informations disponibles dans la situation d'apprentissage et y identifier la nécessité d'utiliser une de ses formes (traditionnelle ou non).

Fait à Kinshasa, le 28 Juin 2013.

***Le rapport au savoir comme enjeu du processus d'enseignement/apprentissage dans une perspective didactique : Les rapports de 3C.***

**FICHE N° 04/SD/IDK**

**Fiche de travail individuel**

**NOMS :**.....

**SAVOIR :**.....

**QUALIFICATION :**.....

**CLASSE :**.....

| N° d'ordre | RAPPORT DE 3C                 | CODE DU RAPPORT | LA SITUATION D'APPRENTISSAGE (SA) | LES CAPACITES REQUISES POUR LA RESOLUTION DE LA « SA ». |
|------------|-------------------------------|-----------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 1.         | Rapport de connaissance       | RAP1            |                                   |                                                         |
| 2.         | Rapport de compréhension.     | RAP2            |                                   |                                                         |
| 3.         | Rapport de contextualisation. | RAP3            |                                   |                                                         |

Fait à Kinshasa, le 28/06/2013.

***Le rapport au savoir comme enjeu du processus d'enseignement/apprentissage dans une perspective didactique : Les rapports de 3C.***

FICHE N° 05/SD/IDK.

Fiche de travail collectif :

| DIRECTION | Numéro Atelier | Objet élémentaire du savoir | Contexte | Situation de rapport de connaissance | Situation de rapport de compréhension | Situation de rapport de contextualisation |
|-----------|----------------|-----------------------------|----------|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------|
|           |                |                             |          |                                      |                                       |                                           |

Fait à Kinshasa, le 28/06/2013.

*Le rapport au savoir comme enjeu du processus d'enseignement/apprentissage dans une perspective didactique : Les rapports de 3C.*

FICHE N° 06/SD/IDK.

TABLEAU SYNOPTIQUE DU TRAVAIL EN ATELIER :

| DIRECTION | Numéro Atelier | Libellé atelier | Objet élémentaire du savoir | Situation de rapport de connaissance | Situation de rapport de compréhension | Situation de rapport de contextualisation |
|-----------|----------------|-----------------|-----------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------|
|           |                |                 |                             |                                      |                                       |                                           |

Fait à Kinshasa, le 28 / 06 /2013.

***Le rapport au savoir comme enjeu du processus d'enseignement/apprentissage dans une perspective didactique : Les rapports de 3C.***

**FICHE N° 07/SD/IDK.**

**PHASES DU TRAVAIL DANS UN ATELIER :**

- A. **Phase initiale** : Travail individuel en atelier.
1. Choisir un président et un secrétaire de l'atelier.
  2. Choisir, chacun, un objet élémentaire de savoir dans une discipline, relativement à une classe donnée de l'EPSP où l'on évolue.
  3. Définir, respectivement pour chacun des rapports de 3C, une situation d'apprentissage y relative.
  4. Identifier les capacités requises pour la résolution de chacune des situations d'apprentissage.
  5. Remplir, chacun, la fiche de travail individuel.
- B. **Phase intermédiaire** : Travail collectif en atelier.
1. Echanger et débattre dans l'atelier sur les travaux individuels.
  2. Retenir et/ou améliorer des bons travaux à présenter en plénière.
  3. Remplir la fiche de travail collectif.
- C. **Phase finale** : Plénière de tous les ateliers.
1. Mettre en commun les travaux retenus dans les différents ateliers.
  2. Adopter les travaux des ateliers moyennant amendement de la plénière.
  3. Remplir le tableau synoptique du travail des ateliers.

Fait à Kinshasa, le 28/06/2013.

*Le rapport au savoir comme enjeu du processus d'enseignement/apprentissage dans une perspective didactique : Les rapports de 3C.*

**FICHE N° 08/SD/IDK.**

DOCUMENTS GENERAUX DE TRAVAIL POUR CHAQUE ATELIER:

- A. **Phase initiale** : Travail individuel en atelier.
1. FICHE N°01/SD/IDK : Typologie du rapport au savoir.
  2. FICHE N°02/SD/IDK : Formation des ateliers.
  3. FICHE N°03/SD/IDK : Tâches à faire dans un atelier.
  4. FICHE N°04/SD/IDK : Travail individuel (à faire).
  5. FICHE N°07/SD/IDK : Phases du travail en atelier.
  6. FICHE N°09/SD/IDK : Exemple d'un travail individuel (déjà fait).
- B. **Phase intermédiaire** : Travail collectif en atelier.
1. FICHE N°04/SD/IDK : Travail individuel (déjà fait).
  2. FICHE N° 05/SD/IDK : Travail collectif (à faire).
- C. **Phase finale** : Plénière de tous les ateliers.
1. FICHE N°05/SD/IDK : Travail collectif (déjà fait).
  2. FICHE N°06/SD/IDK : Tableau synoptique du travail des ateliers (à faire).
  3. FICHE N°10/SD/IDK : Evaluation du séminaire didactique (à faire).

Fait à Kinshasa, le 28 / 06 /2013.



**Le rapport au savoir comme enjeu du processus d'enseignement/apprentissage dans une perspective didactique : Les rapports de 3C.**

FICHE N° 09/SD/IDK

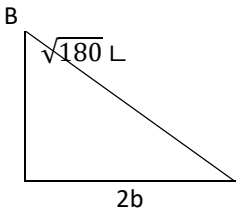
Fiche de travail individuel : Exemple 1.

NOMS : IDK.

QUALIFICATION : DEA DIDACTIQUE DES MATHS.

SAVOIR : Théorème de Pythagore.

CLASSE : 3ème année Scientifique.

| N° d'ordre | RAPPORT DE 3C                | CODE DU RAPPORT | LA SITUATION D'APPRENTISSAGE (SA)                                                                                                                                                                                                                                                                   | LES CAPACITES REQUISES POUR LA RESOLUTION DE LA « SA ».                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------|------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.         | Rapport de connaissance      | RAP1            | <p>A la question de donner la relation qui existe entre toutes les mesures des 3 côtés d'un triangle ABC rectangle en B, on a eu ceci comme réponse de Gaston :</p> <p>« <math>BC^2 = AC^2 + AB^2</math> »</p> <p>a) A ton avis, Gaston a-t-il raison ? OUI/NON</p> <p>b) Justifie ta réponse ?</p> | Reconnaitre la relation du théorème de Pythagore en identifiant l'hypoténuse du triangle en question.                                                                                                                                                                                                                                       |
| 2.         | Rapport de compréhension     | RAP2            | <p>On donne cette figure à main levée ci-après :</p>  <p>a) Trouve b.</p> <p>b) Justifie ton calcul par une propriété.</p>                                                                                        | <p>➤ Reconnaitre un triangle dont l'hypoténuse vaut <math>\sqrt{180}</math> et les valeurs de 2 côtés de l'angle droit étant fonction d'une seule inconnue b.</p> <p>➤ Ecrire la relation de Pythagore relative au triangle rectangle donné.</p> <p>➤ Résoudre une équation du second degré à une inconnue.</p>                             |
| 3.         | Rapport de contextualisation | RAP3            | <p>Quelle est la longueur d'une échelle qui, mise à 2m de pied d'un mur, atteint sur ce mur une hauteur de 7m ?</p>                                                                                                                                                                                 | <p>➤ Représenter le problème par un dessin (informations implicites et explicites aidant) triangulaire avec un angle droit.</p> <p>➤ Représenter les distances par des segments de droite</p> <p>➤ Ecrire la relation de Pythagore pour le triangle rectangle représentant le problème.</p> <p>➤ Résoudre une équation du second degré.</p> |

Fait à Kinshasa, le 28 Juin 2013.

**Le rapport au savoir comme enjeu du processus d'enseignement/apprentissage dans une perspective didactique : Les rapports de 3C.**

**FICHE N° 09b/SD/IDK**

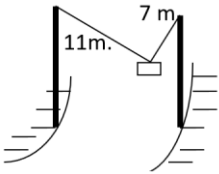
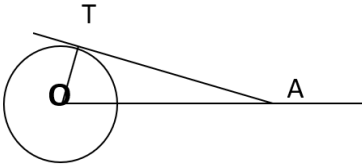
**Fiche de travail individuel : Exemple 2**

NOMS : IDK.

QUALIFICATION : DEA DIDACTIQUE DES MATHS.

SAVOIR : Théorème de Pythagore.

CLASSE : 4ème année Scientifique.

| N° d'ordre | RAPPORT DE 3C                | CODE DU RAPPORT | LA SITUATION D'APPRENTISSAGE (SA)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | LES CAPACITES REQUISES POUR LA RESOLUTION DE LA « SA ».                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------|------------------------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.         | Rapport de connaissance      | RAP1            | <p>Dans la rue, une lampe est suspendue à deux câbles perpendiculaires, l'un de 11 m et l'autre de 7 m, fixés à deux poteaux et placés perpendiculairement aux rives de la rue en question. Quelle est la largeur de la rue ? (arrondir au cm le plus proche).</p>  <p>les proportions ne sont pas respectées.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Reconnaitre un triangle rectangle dont l'hypoténuse est la largeur de la rue et les deux câbles étant les côtés de l'angle droit du triangle en question.</li> <li>-Ecrire la relation de Pythagore relative au triangle rectangle identifié.</li> <li>-Résoudre une équation du second degré à une inconnue.</li> </ul>                                                                                 |
| 2          | Rapport de compréhension     | Rap2            | <p>Un cercle a pour rayon 5 cm. A est un point placé à 12 cm du centre O de ce cercle ; et T est un point du cercle tel que la droite AT soit tangente à ce dernier.</p>  <p>Calculer la longueur AT et justifie ton calcul par une propriété.</p>                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Ecrire la relation de Pythagore pour le triangle OAT après avoir identifié l'angle droit en T.</li> <li>-Résoudre une équation du second degré à une inconnue.</li> <li>-Reconnaitre un triangle OAT rectangle en T.</li> </ul>                                                                                                                                                                          |
| 3.         | Rapport de contextualisation | Rap3            | <p>Un trapèze rectangle ABCD avec angle droit aux sommets A et D est tel que : AD = 4,1 cm ; AC = 11,3 cm et DB = 7,4 cm.</p> <p>a) Calcule la mesure de BC.</p> <p>b) Justifie tes calculs par une propriété.</p>                                                                                                                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Représenter le problème par un dessin (informations implicites et explicites aidant).</li> <li>-Ecrire la relation de Pythagore pour un triangle rectangle donné.</li> <li>-Résoudre une équation du second degré à une inconnue.</li> <li>-Trouver la hauteur BB' issue du sommet B du trapèze rectangle, et obtenir un triangle rectangle BB'C dont l'hypoténuse est le côté BC à calculer.</li> </ul> |

Fait à Kinshasa, le 28 Juin 2013.

***Le rapport au savoir comme enjeu du processus d'enseignement/apprentissage dans une perspective didactique : Les rapports de 3C.***

FICHE N° 10/SD/IDK

**FICHE D'ÉVALUATION N° ...../2013**

1. VOTRE N° ATELIER : .....
2. VOTRE QUALIFICATION : .....
3. VOTRE DIRECTION DE L'ÉCOLE : .....
4. VOTRE PROFESSION : .....

**PARTIE I. QUESTIONS FERMÉES**

N.B. : Vous êtes prié, dans cette partie, d'encrer le chiffre (dans la série des chiffres allant de 1 à 5) correspondant à votre réponse selon l'échelle des niveaux d'évaluation ci-après :

- 1..... Ma (Mauvais)
- 2..... MB (Moins Bon)
- 3..... B (Bon)
- 4..... TB (Très Bon)
- 5..... E (Excellent)

I.1. Le niveau de votre perception des « Rapports de 3C » se présente ainsi :

- |                                          |   |   |   |   |   |
|------------------------------------------|---|---|---|---|---|
| a) Rap1 (Rapport de connaissance) :      | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| b) Rap2 (Rapport de compréhension) :     | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| c) Rap3 (Rapport de contextualisation) : | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

I.2. Le niveau de votre capacité à produire une fiche de préparation d'une leçon relativement à une situation d'enseignement/apprentissage basée sur un des Rapports de 3C se présente ainsi :

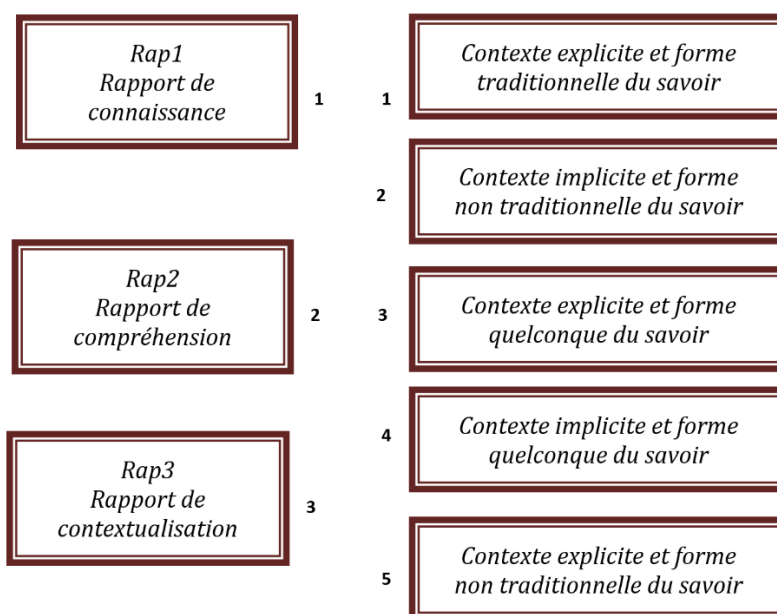
- |                                          |   |   |   |   |   |
|------------------------------------------|---|---|---|---|---|
| a) Rap1 (Rapport de connaissance) :      | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| b) Rap2 (Rapport de compréhension) :     | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| c) Rap3 (Rapport de contextualisation) : | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

I.3. Le niveau de votre appréciation des travaux relatifs à la conférence et aux ateliers sur le thème « Le rapport au savoir comme enjeu du processus d'enseignement/apprentissage dans une perspective didactique : Les rapports de 3C » se présente ainsi :

- |                                          |   |   |   |   |   |
|------------------------------------------|---|---|---|---|---|
| a) Rap1 (Rapport de connaissance) :      | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| b) Rap2 (Rapport de compréhension) :     | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| c) Rap3 (Rapport de contextualisation) : | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

**PARTIE II. QUESTIONS OUVERTES**

II.1. Veuillez faire des flèches pour relier les éléments de gauche aux éléments de droite, sachant que chaque flèche doit avoir pour explication l'expression suivante : « a pour spécificités ».



II.2. Veuillez donner, selon vous, les mots clefs (ou termes) qui sont à la base de la théorisation relative aux « Rapports de 3C » :

.....

.....

II.3. Veuillez présenter votre position, en disant oui ou non, selon que vous êtes prêt (e) à utiliser, cette année scolaire 2013-2014, les « Rapports de 3C » comme enjeux d'enseignement / apprentissage pour certains savoirs de vos prévisions des matières ; et sans oublier de justifier, en quelques mots, votre position.

.....

.....

.....

.....

.....

### PARTIE III. VOS REMARQUES ET SUGGESTIONS.

III.1. VOS REMARQUES (Points positifs et points négatifs)

III.2. VOS SOUHAITS (Attentes et suggestions)

III.3. VOTRE MOT DE LA FIN

**NOS REMERCIEMENTS POUR LE TEMPS QUE VOUS AVEZ BIEN VOULU CONSACRER POUR NOUS FOURNIR CONSCIENCIEUSEMENT CES INFORMATIONS TRES UTILES POUR L'EVALUATION DE NOS ACTIVITES VISANT AU MOINS L'AMELIORATION DU RENDEMENT SCOLAIRE.**

Fait à Kinshasa, le 28 Juin 2013.

**ANNEXE C : LETTRES POUR LES ACTIVITÉS DU SÉMINAIRE DIDACTIQUE SUR LES *RAPPORTS DE 3C***

**Monsieur Israël DISASHI KABADI**

Kinshasa, le 28 Juin 2013.

Tél. : 09 97 56 55 32/ 082 286 64 66.

Kinshasa/Masina.

Copie pour information au :

- Révérend Pasteur et Promoteur du Collège **Arche de l'alliance « HP »**  
de et à Kinshasa/Masina.
- 

**N/Réf.** : 001/DKI/SD/2013.

**Objet** : Séminaire didactique.

*A monsieur le Coordonnateur du Collège **ARCHE DE L'ALLIANCE « H.P. »***

*de et à KINSHASA/MASINA.*

Monsieur le Coordonnateur,

Dans le cadre du renforcement des capacités pour une gestion adéquate des situations d'enseignement/apprentissage dans notre système d'enseignement, en général, et en particulier au sein de notre chère institution d'enseignement dont vous avez la charge de coordonner les activités, je viens solliciter auprès de votre autorité, au moins une journée, afin de tenir un séminaire didactique au courant duquel tout le personnel enseignant du collège seront conviés à participer à **deux conférences** suivies des travaux en ateliers et caractérisées respectivement par les **thèmes** ci-après :

1. « **Le rapport au savoir comme enjeu du processus d'enseignement/ apprentissage dans une perspective didactique : Les rapports de 3C** ».
2. « **Sur la contribution des mathématiques à la gestion des problèmes scolaires : cas des problèmes d'incompatibilité et de gestion optimale du temps** ».

Dans le souci de mettre notre personnel au courant de cette matière qu'il aura à approfondir durant les vacances pour faire des choix judicieux des travaux à soumettre aux élèves, nous vous prions de bien vouloir recevoir en amont nos remerciements anticipés pour la réponse que vous voudriez bien réserver à cette demande.

**Israël DISASHI KABADI**

CI : - Direction Maternelle AAHP.

- Direction Primaire AAHP.

- Direction Secondaire AAHP.

Monsieur Israël DISASHI KABADI

Kinshasa, le 10 octobre 2013.

Tél. : 09 97 56 55 32/ 082 286 64 66.

Kinshasa/Masina.Copie pour information à:

- Le Révérend Pasteur et Promoteur du Collège **Arche de l'alliance « HP »**.
- L'Administrateur du Collège **Arche de l'Alliance « HP »**  
(TOUS) à Kinshasa/Masina.

N/Réf. : 002 /DKI/SD/2013.

**Objet : Séminaire didactique.**

*A monsieur le Coordonnateur du Collège **ARCHE DE L'ALLIANCE « H.P. »***

*de et à KINSHASA/MASINA.*

Monsieur le Coordonnateur,

Dans le cadre de la finalisation du séminaire didactique qui a eu lieu le mois d'Août dernier, je viens présentement vous présenter d'abord nos remerciements en particulier pour la tenue de la conférence sur le thème « Le rapport au savoir comme enjeu du processus d'enseignement/apprentissage dans une perspective didactique : Les rapports de 3C », ensuite le calendrier, ci-après, des dispositions prises en concertations avec les trois Directions pour la tenue des ateliers relatifs à ce thème rappelé ci-dessus.

| DIRECTION  | JOUR                  | HEURES          |
|------------|-----------------------|-----------------|
| Maternelle | Mardi, le 15/10/2013  | 13H30' – 15H00' |
| Primaire   | Jeudi, le 17/10/2013  | 13H30' – 16H00' |
| Secondaire | Samedi, le 19/10/2013 | 11H30' – 14H00' |

Ces ateliers ayant pour but principal de permettre aux participants d'appréhender les rapports de 3C pour en faire une bonne application dans le choix des situations d'enseignement/apprentissage en vue d'un meilleur rendement scolaire, nous vous prions de bien vouloir recevoir en annexe les tableaux synoptiques des travaux en atelier pour les différentes directions, ainsi que nos salutations distinguées.

Israël DISASHI KABADI.

CI : - Direction Maternelle AAHP.

- Direction Primaire AAHP.

- Direction Secondaire AAHP.

Monsieur Israël DISASHI KABADI

Kinshasa, le 18 Février 2014.

Tél. : 09 97 56 55 32/ 082 286 64 66.

Kinshasa/Masina.

Copie pour information à:

- Le Révérend Pasteur et Promoteur du Collège **Arche de l'alliance « HP »**.
  - L'Administrateur du Collège **Arche de l'Alliance « HP »**  
(TOUS) à Kinshasa/Masina.
- 

N/Réf. : 003 /DKI/SD/2014.

**Objet : Evaluation Séminaire didactique.**

*A monsieur le Coordonnateur du Collège **ARCHE DE L'ALLIANCE « H.P. »***

*de et à KINSHASA/MASINA.*

Monsieur le Coordonnateur,

Dans le cadre de l'évaluation du séminaire didactique qui a eu lieu au mois d'Août 2013, je viens par cette occasion vous présenter, en annexe, le questionnaire relatif aux travaux en atelier sur la conférence ayant pour thème « Le rapport au savoir comme enjeu du processus d'enseignement/apprentissage dans une perspective didactique : Les rapports de 3C », lequel questionnaire sera remis à chaque enseignant de notre collège de sorte que l'on puisse obtenir individuellement des informations pertinentes en vue de la préparation des prochaines conférences.

Veillez agréer, Monsieur le Coordonnateur, l'expression de notre franche collaboration dans le cadre des activités visant l'amélioration du rendement scolaire.

**Israël DISASHI KABADI.**

CI : - Direction Maternelle AAHP.

- Direction Primaire AAHP.

- Direction Secondaire AAHP.

## Quid de la création d'une structure de sécurité sociale en République Démocratique du Congo dans la ville de Lubumbashi

### [ What about the creation of a social security structure in the Democratic Republic of Congo in the city of Lubumbashi ]

*Manika Tshishimu Paul*

Enseignant-Chercheur, Département des sciences commerciales et administratives et informatique de gestion,  
ISP Lubumbashi, RD Congo

---

Copyright © 2020 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 article in social sciences and more specifically in the field of development and society aims to set up a procedure for the creation of a social security institution that would bring together only widows, orphans and senior citizens because, according to the observation of what is happening in Africa in general, it is often these three categories that are victims of neglect and abandonment in our African societies. Taken from a survey carried out by a non-governmental development organization in the city of Lubumbashi in the Democratic Republic of Congo, this article by referring to the statistical sampling model resulting on the elaboration of explanatory graphs has developed an approach based on the self-financing of those concerned in order to achieve this feasibility of creation of a «social services».

**KEYWORDS:** Social security, widow, orphan, elderly people.

**RESUME:** Cet article en sciences sociales et plus particulièrement dans le domaine du développement et de la société vise à mettre en place une procédure de création d'une institution de sécurité sociale qui ne regrouperait que les veuves, les orphelins et les personnes âgées car, selon le constat de ce qui se passe en Afrique en général, ce sont souvent ces trois catégories qui sont victimes de négligence et d'abandon dans nos sociétés africaines. Tiré d'une enquête réalisée par une organisation non gouvernementale de développement dans la ville de Lubumbashi en République démocratique du Congo, cet article, en se référant au modèle d'échantillonnage statistique résultant de l'élaboration de graphiques explicatifs, a développé une approche basée sur l'autofinancement des personnes concernées afin de réaliser cette faisabilité de création d'un «service social».

**MOTS-CLEFS:** Sécurité sociale, veuve, orphelin, personnes de 3<sup>ème</sup> âge.

## 1 INTRODUCTION

Basé sur une enquête réalisée par l'ONG des Nations Unies, le PNUD (Programme des Nations Unies pour le Développement) en 2010 dans la ville de Lubumbashi en République Démocratique du Congo, cet article scientifique vise à apporter, après les résultats de l'enquête obtenus auprès du PNUD, la possibilité de créer une institution de sécurité sociale qui ne prendra en charge que les veuves, les orphelins et les personnes âgées car selon notre étude, ce sont souvent ces trois catégories qui sont victimes de la société.

Les personnes âgées en RD Congo sont le plus souvent maltraitées, accusées de sorcellerie et abandonnées dans la société. Au fond, le poids de leur âge les rend vulnérables et les réduit à des enfants capricieux et insupportables. Communément



appelées personnes âgées en RDC, certaines personnes âgées voient leurs facultés physiques et mentales, et donc leur autonomie dans la vie quotidienne, se détériorer. Elles entrent ainsi dans une sorte de "dépendance". D'où la nécessité de créer des structures d'accueil et d'encadrement qui puissent prendre en charge ces personnes. Il y a un manque criant de telles structures en RDC. Récemment, à Mbuji-Mayi dans la province du Kasai oriental, une association de retraités affiliée à l'INSS a relevé le défi de créer des structures de prise en charge des personnes âgées. En effet, ces dernières semblent être marginalisées dans la société congolaise. Cependant, dans un de ses rapports, l'ONG des droits de l'homme "La voix des sans voix" indique que les personnes âgées représentent environ 3,5 % de la population congolaise.

En Afrique en général comme en République démocratique du Congo, après la mort de l'homme de la maison, du mari ou du parent, la veuve et les orphelins sont abandonnés à leur triste sort en se voyant mutiler tous leurs biens par la famille du défunt provoquant ainsi l'augmentation du nombre d'enfants des rues mais aussi pour les anciennes épouses une vie dérisoire au point de verser pour certains dans la prostitution pour survivre.

Cet article vise donc à soutenir ces personnes en proposant la création d'une structure sociale basée sur un mécanisme d'autofinancement adapté aux conditions de vie de la République démocratique du Congo.

## **2 MATÉRIEL ET MÉTHODE**

Dans le cadre de la démarche méthodologique de cette étude, l'interview libre basé sur un échange de questions et réponses a permis de recueillir des données auprès des personnes interrogées afin de définir l'intérêt de cette étude.

L'utilisation d'un questionnaire comme matériel de recherche nous a permis de collecter des données afin d'étudier la possibilité de mettre en place effectivement cette structure de sécurité sociale.

## **3 À PROPOS DU PNUD<sup>1</sup>**

Présent dans quelque 170 pays et territoires, le PNUD est l'un des principaux organismes multilatéraux de développement contribuant à éradiquer la pauvreté et réduire les inégalités et l'exclusion. Nous aidons les pays à élaborer des politiques, à développer des compétences en leadership et en matière de partenariat, à renforcer leurs capacités institutionnelles et bâtir une meilleure résilience pour réaliser un développement durable.

C'est une étape critique pour le monde. En septembre 2015, les dirigeants du monde ont adopté l'Agenda 2030 du développement durable pour éliminer la pauvreté, protéger la planète et faire en sorte que tous les peuples bénéficient de la paix et de la prospérité. Nous soutenons les efforts des pays pour atteindre les 17 Objectifs de développement durable, ou objectifs mondiaux, qui guideront nos priorités jusqu'en 2030.

Le plan stratégique du PNUD (2018-2021) a été conçu pour tenir compte de la grande diversité des pays que nous servons, en envisageant des solutions pour les 3 contextes de développement suivants:

- Éliminer la pauvreté sous toutes ses formes
- Accélérer les transformations structurelles
- Renforcer la résilience aux crises

Dans toutes nos activités, nous encourageons la protection des droits de l'homme et favorisons la participation active des femmes.

Dans un monde où les ressources sont limitées, le PNUD, avec ses partenaires, appuie l'utilisation la plus efficace possible des ressources de l'ONU et internationales consacrées à l'aide au développement.

Le PNUD administre également le Fonds d'équipement des Nations Unies (UNCDF) qui aide les pays en développement à développer leurs économies en complétant les sources existantes d'aide au développement par des subventions et des prêts, ainsi que le programme des Volontaires des Nations Unies (VNU), qui déploie plus de 6 000 volontaires venant de 160 pays, agissant pour la paix et le développement dans le monde entier.

---

<sup>1</sup> [www.undp.org/](http://www.undp.org/)

Le Rapport mondial sur le développement humain, élaboré chaque année à la demande du PNUD, stimule le débat sur les grandes questions du développement depuis 1990.

## **OBJECTIFS** **DE DÉVELOPPEMENT DURABLE**



### QUE SONT LES OBJECTIFS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE ?

Les Objectifs de développement durable (ODD), également nommés Objectifs mondiaux, sont un appel mondial à agir pour éradiquer la pauvreté, protéger la Planète et faire en sorte que tous les êtres humains vivent dans la paix et la prospérité.

Les 17 ODD sont **intégrés** - reconnaissant que les interventions dans un domaine affecteront les résultats dans d'autres et que le développement doit équilibrer les aspects sociaux, économiques et environnementaux.

Pour ne laisser personne de côté, les pays se sont engagés à accélérer les progrès pour ceux qui sont le plus en retard. C'est pourquoi les ODD sont conçus pour amener le monde à plusieurs « zéros » qui changent les vies, notamment la pauvreté, la faim, le sida et la discrimination à l'égard des femmes et des filles.

Nous devons travailler ensemble à atteindre ces objectifs ambitieux. La créativité, le savoir-faire, la technologie et les ressources financières de toute la société seront nécessaires pour atteindre les Objectifs dans tous les contextes.

## QUEL EST LE RÔLE DU PNUD ?

En tant qu'agence principale des Nations Unies pour le développement, le PNUD est bien placé pour contribuer à la réalisation des ODD dans le cadre de nos activités dans quelque 170 pays et territoires.

Nous aidons les pays à atteindre les ODD par le biais de **solutions intégrées**. Les défis complexes auxquels nous sommes confrontés aujourd'hui - de la lutte contre les inégalités à la prévention des conflits - ne peuvent être résolus de manière isolée. Cela signifie aussi trouver des solutions qui répondent aux réalités quotidiennes des populations.

Nos antécédents de travail dans la réalisation des Objectifs nous apportent une expérience précieuse et une expertise reconnue en matière de politiques nous permettant d'atteindre tous les objectifs fixés dans les objectifs de développement durable d'ici 2030. Mais nous ne pouvons le faire seuls.

La réalisation des objectifs de développement durable nécessite le partenariat des gouvernements, du secteur privé, de la société civile et des citoyens, afin de garantir la création d'une planète meilleure pour les générations futures.

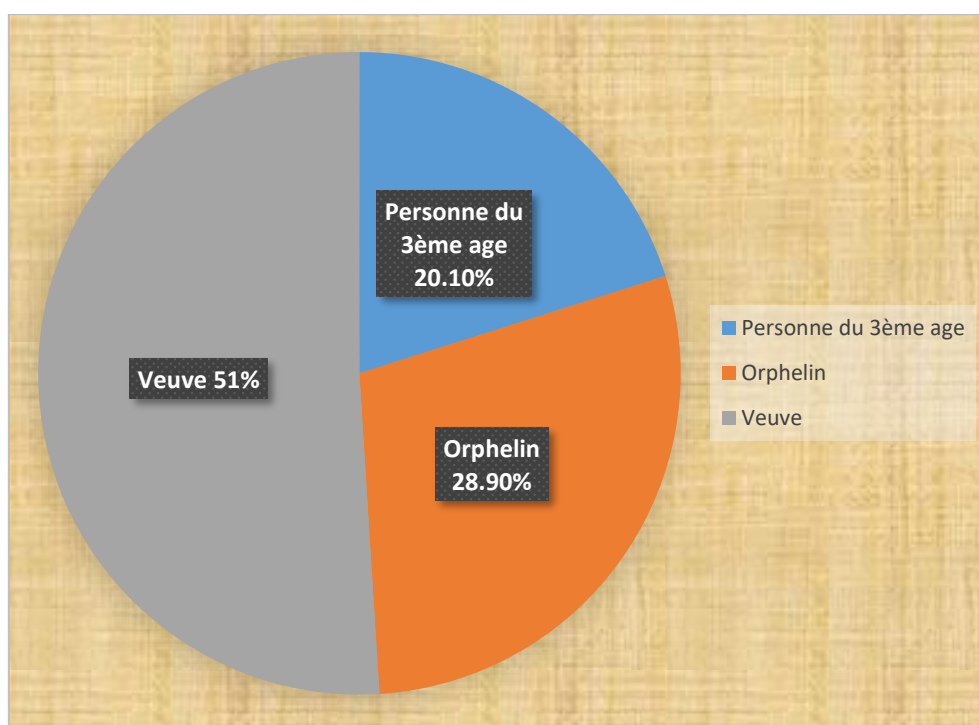
## 4 RÉSULTATS

Ces résultats sont représentés par des graphiques qui retracent les données des enquêtes menées dans les six communes de la ville de Lubumbashi, à savoir Lubumbashi, Kenya (y compris Kamalondo), Katuba, Kampemba, Ruashi et la commune Annexe et concernent les veuves, les orphelins et les personnes âgées non couverts par la législation de sécurité sociale en vigueur en RD Congo.

L'analyse pour l'interprétation des résultats suivra la règle de l'arrondi au chiffre supérieur et inférieur car la cible de notre étude concerne les êtres humains dont les calculs sont faits par unité.

### A. IDENTIFICATION DE NOS ENQUÊTÉS

#### GRAPHIQUE D'IDENTIFICATION

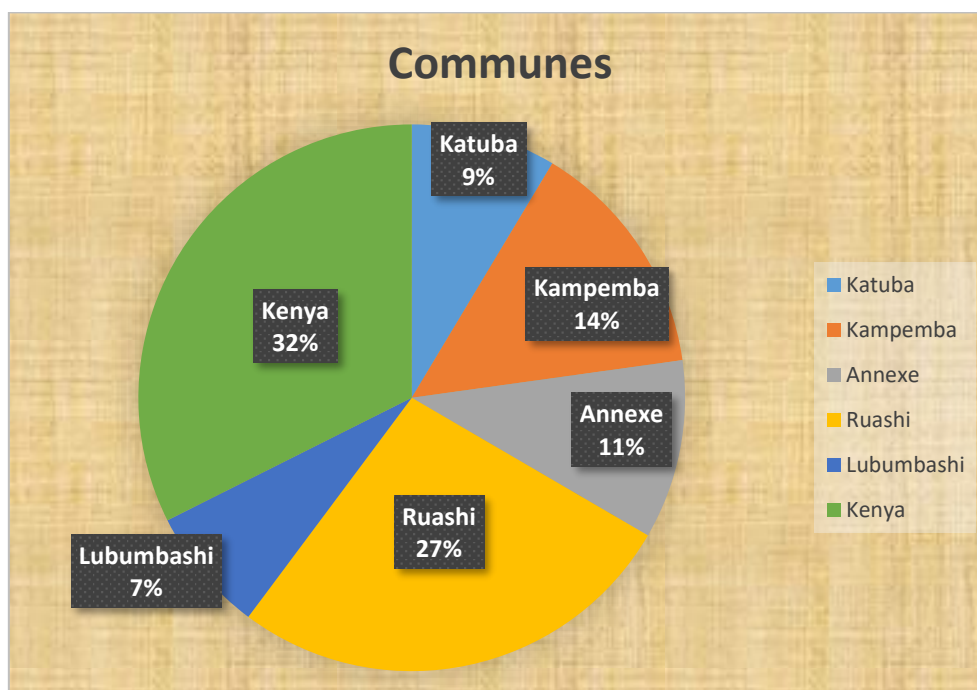


**Fig. 1. La répartition des enquêtés selon leurs catégories**

Cette figure représente l'état brut de notre cible, nous démontrant que les veuves sont en grand nombre au moins la moitié, suivies des orphelins et enfin des personnes de troisième âge.

## B. SITUATION GÉOGRAPHIQUE DE LUBUMBASHI

### GRAPHIQUE COMMUNES

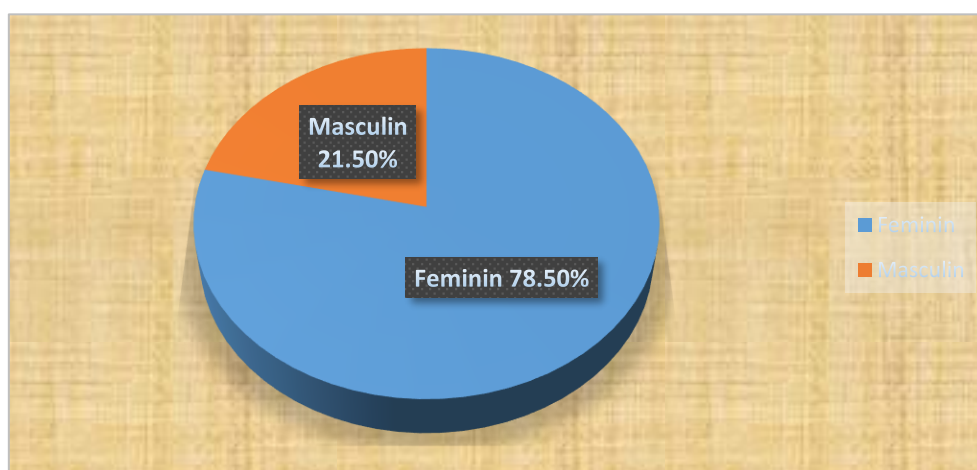


**Fig. 2.** La répartition des enquêtés selon les communes

Cette figure indique que la commune Kenya regorge la grande partie de notre cible, suivi de la commune de la Ruashi, Kampemba, la commune Annexe, Katuba et enfin la commune de Lubumbashi.

## C. SEXE

### GRAPHIQUE SEXE

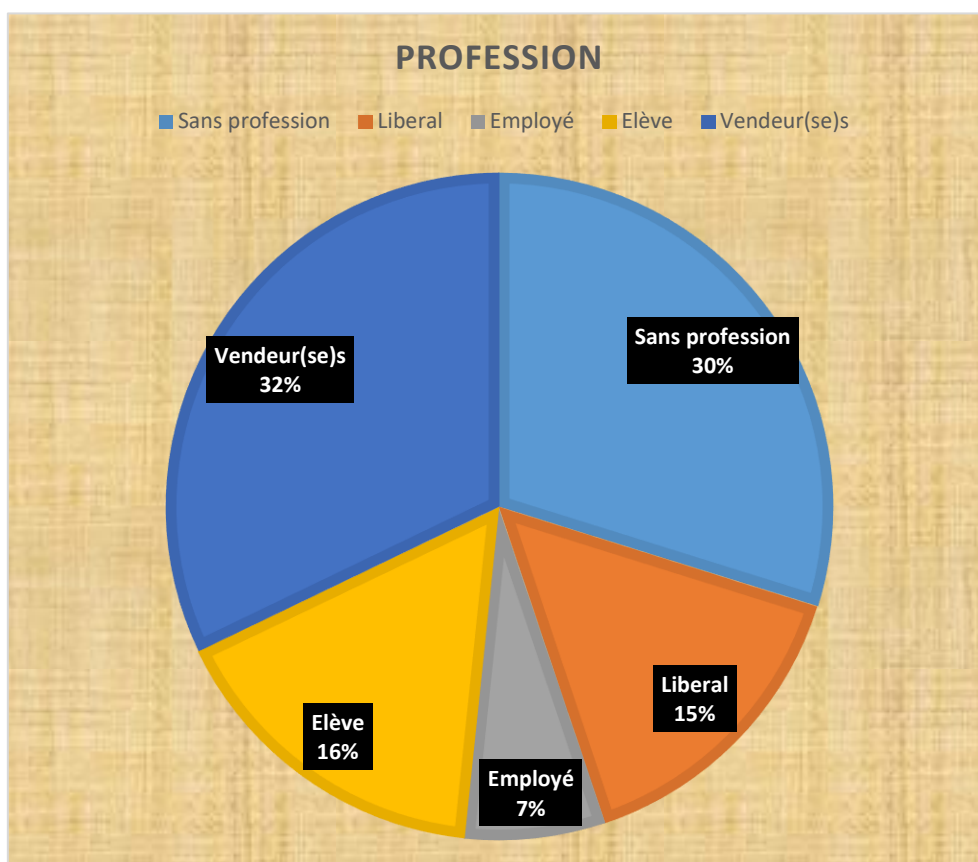


**Fig. 3.** Répartition des enquêtés selon les sexes

Cette figure nous montre que la majorité de nos enquêtés est du sexe féminin.

## D. PROFESSION

### GRAPHIQUE PROFESSION



**Fig. 4. Répartition des enquêtés selon la profession**

*NB: Nous entendons par profession: les activités exercées par nos enquêtés dans le but de subvenir à leur besoin élémentaire.*

S'agissant des élèves et au regard de la loi N° 09/001 du 01 Janvier 2009 portant protection de l'enfant, aller à l'école est un droit pour tout enfant et un devoir pour les parents. Et pour nous, dans cette figure, nous qualifions ceci de profession<sup>2</sup>.

Il convient de préciser conformément à notre figure que le sans profession, et le libéral sont considérés comme étant des personnes qui se débouillent, mais dans cette analyse les prétendus sans profession ont pensé à un emploi ou une donation de notre part.

Dans cette figure nous constatons que la majorité de nos enquêtés n'ont pas des professions donc des vendeurs ambulants, suivi des libéraux et enfin les employés. Ce qui explique la problématique de l'emploi dans la ville de Lubumbashi.

<sup>2</sup> Loi n° 09/001 du 10 janvier 2009 portant protection de l'enfant

## E. SUCCESSION

### GRAPHIQUE SUCCESSION

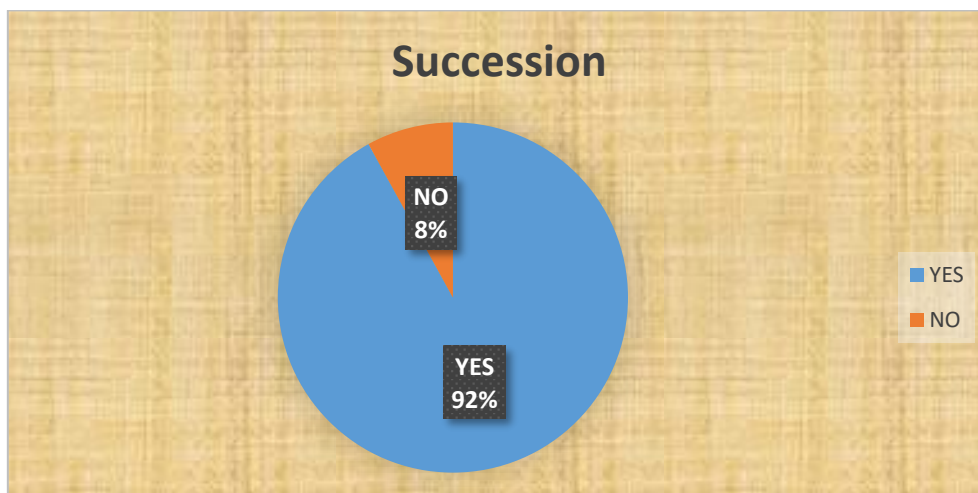


Fig. 5. Respect de la succession

NB: La succession dont il est question dans la présente figure n'est pas perçue conformément au code de la famille mais plutôt selon les réalités et habitudes trouvées sur terrain (le fait de ne pas respecter l'article 759 du code de la famille qui prévoit que les héritiers de la première catégorie reçoivent trois quart de l'hérédité)<sup>3</sup>.

Le constat dans cette figure est que la majorité de la cible enquêtée dit que la prétendue succession était ouverte et la minorité non.

## F. LA RÉALITÉ DE LA SUCCESSION SUR TERRAIN

### GRAPHIQUE SUCCESSION

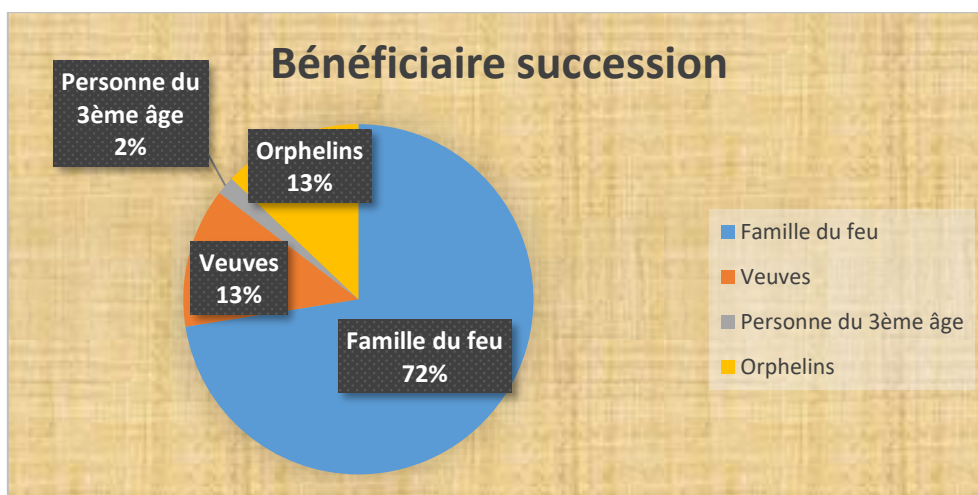


Fig. 6. Avis des enquêtés par rapport à la succession des biens

<sup>3</sup> [www.leganet.cd/CODE\\_DE\\_LA\\_FAMILLE\\_DE\\_LA\\_REPUBLIQUE\\_DEMOCRATIQUE\\_DU\\_CONGO](http://www.leganet.cd/CODE_DE_LA_FAMILLE_DE_LA_REPUBLIQUE_DEMOCRATIQUE_DU_CONGO)



Cette figure renseigne, la réalité du terrain qui nous montre que, souvent la famille du défunt s'accapare de la grande partie de l'héritité au détriment des enfants et de la veuve ou du veuf, et ce en violation flagrante des dispositions pertinentes du code de la famille.

## G. RÉPARTITION DES BIENS

### GRAPHIQUE ORPHELINS

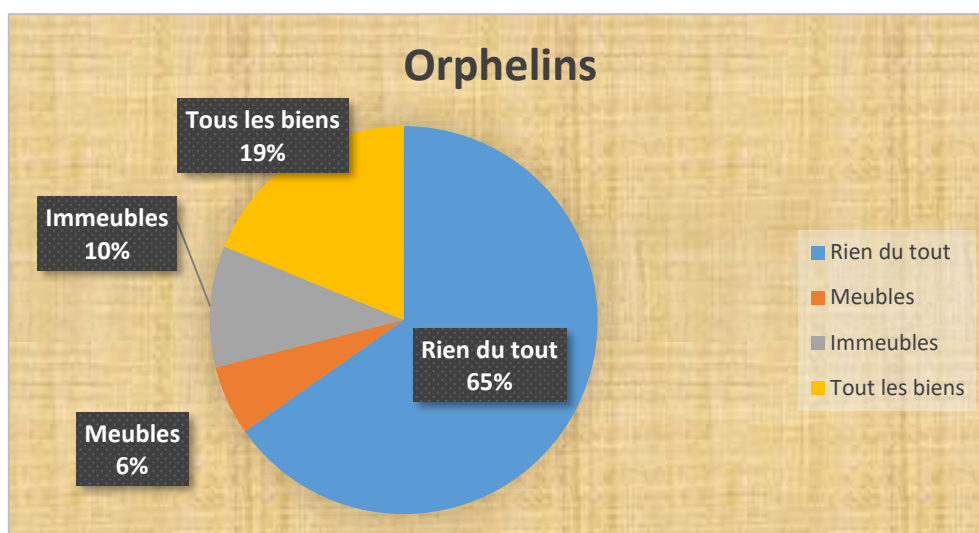


Fig. 7. Répartition des biens reçus par les orphelins

Cette figure renseigne la réalité du terrain qui nous montre que souvent la famille du défunt s'accapare de la grande partie de l'héritité au détriment des orphelins, et ce en violation flagrante des dispositions pertinentes du code de la famille.

### GRAPHIQUE VEUVES

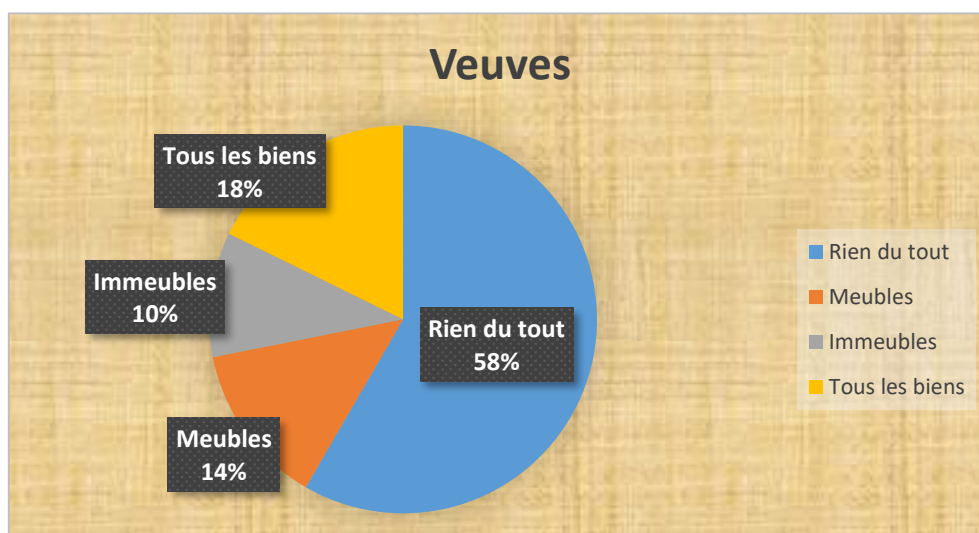
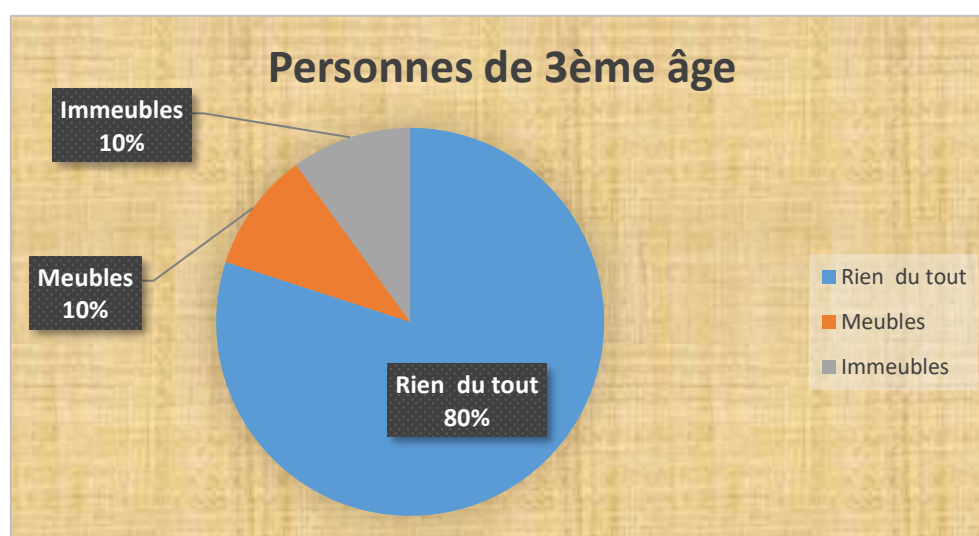


Fig. 8. Répartition des biens reçus par les veuves

Cette figure renseigne la réalité du terrain qui nous montre que souvent la famille du défunt s'accapare de la grande partie de l'héritité au détriment des veuves, et ce, en violation flagrante des dispositions permanentes du code de la famille.

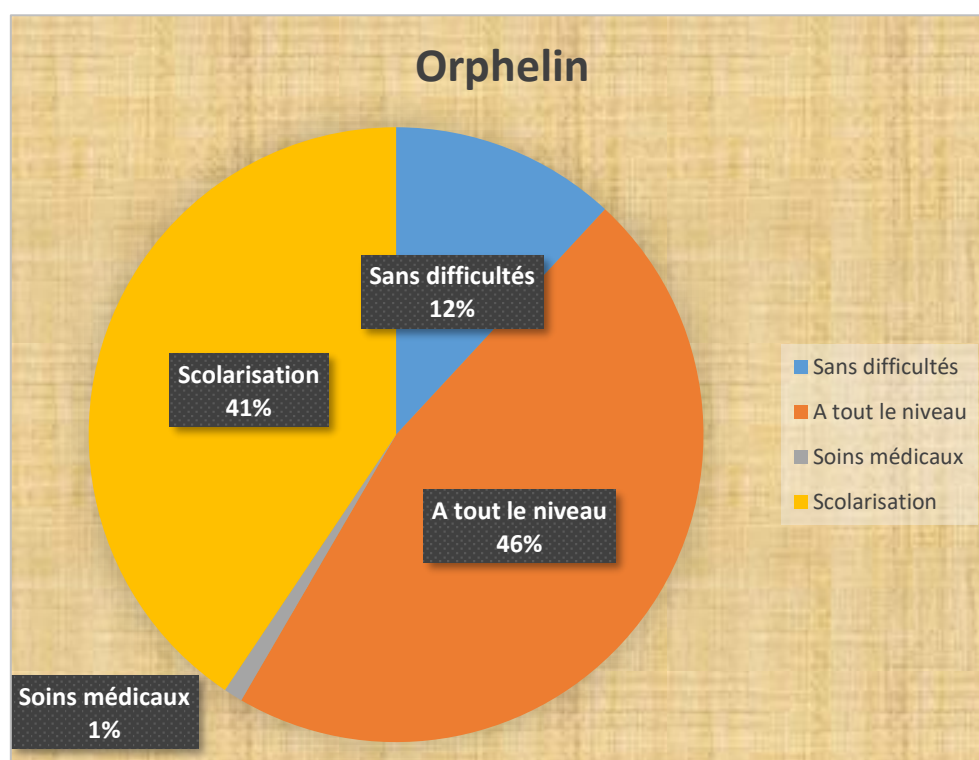
GRAPHIQUE PERSONNES DE 3<sup>ÈME</sup> ÂGE

**Fig. 9. Répartition des biens reçus par les personnes de 3<sup>ème</sup> âge**

En ce qui concerne cette catégorie de personnes, elle est souvent dépossédée à cause de l'âge et de la faiblesse physique alors que l'article 12 de la constitution de la RD Congo prévoit que tous les Congolais sont égaux devant la loi et ont droit à une égale protection des lois.

## H. DIFFICULTÉS D'ACCÈS AUX BESOINS SOCIAUX DE BASE

## GRAPHIQUE ORPHELINS



**Fig. 10. Répartition des difficultés d'accès aux besoins sociaux de base des orphelins**



Cette figure nous renseigne que la majorité d'orphelins n'ont pas accès aux besoins sociaux de base; une partie a un problème lié à la scolarisation tandis qu'une minime partie est correctement pris en charge et un centième de ces enfants rencontre un problème lié aux soins de santé.

NB: A propos de 1% représentant les difficultés liées aux soins médicaux, il convient de préciser que, ces enfants sont pris en charge par un tuteur ne vivant pas ensemble avec eux.

#### GRAPHIQUE VEUVES

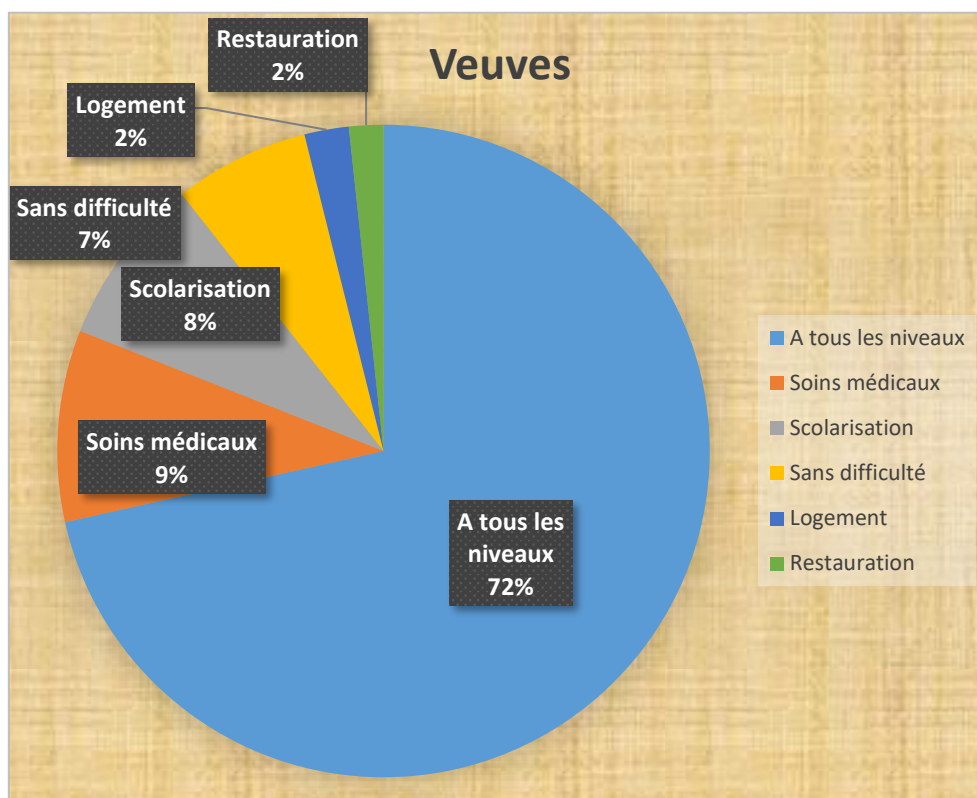
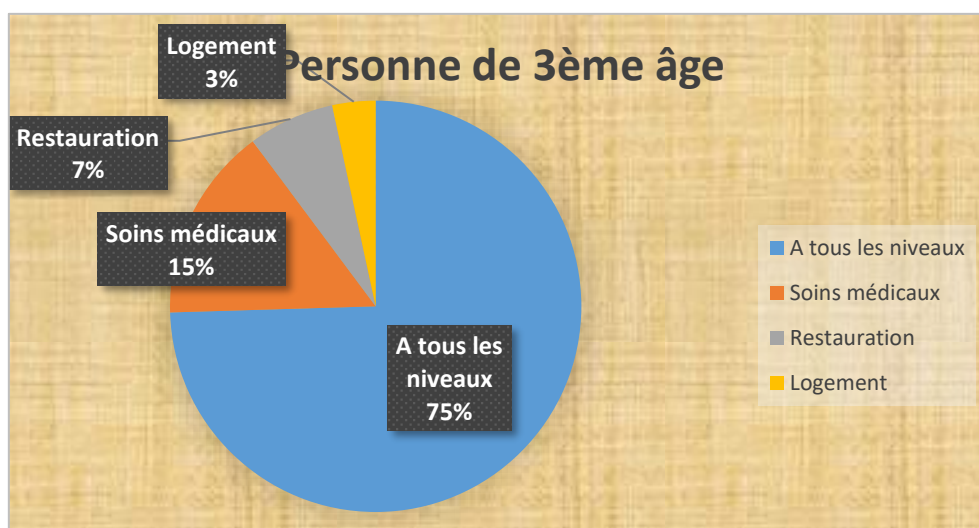


Fig. 11. Répartition des difficultés d'accès aux besoins sociaux de base des veuves

Légende :

| Veues                            | Effectifs  | Pourcentage |
|----------------------------------|------------|-------------|
| Délaissées                       | 256        | 71.5%       |
| Bénéficiaire du Logement         | 8          | 2.2%        |
| Bénéficiaire de la Restauration  | 6          | 1.7%        |
| Besoins comblés                  | 24         | 6.7%        |
| Bénéficiaire de la Scolarisation | 30         | 8.4%        |
| Bénéficiaire des Soins médicaux  | 34         | 9.5%        |
| <b>Total</b>                     | <b>358</b> | <b>100%</b> |

La figure 11 nous renseigne que la majorité de veuves n'a pas accès aux besoins sociaux de base, une autre partie a un problème lié aux soins médicaux et scolarisation des enfants tandis qu'une minime partie est correctement pris en charge.

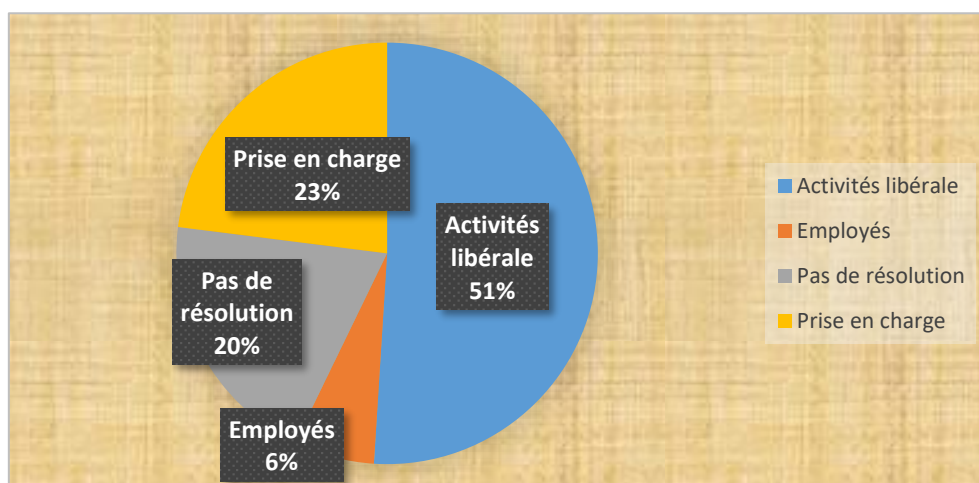
GRAPHIQUE DE 3<sup>ÈME</sup> ÂGE

**Fig. 12. Répartition des difficultés d'accès aux besoins sociaux de base des personnes de 3<sup>ème</sup> âge**

La figure 12 nous renseigne que la majorité des personnes de troisième âge n'a pas accès aux besoins sociaux de base, une autre partie a un problème lié aux soins médicaux tandis qu'une minime partie a des difficultés liées à l'alimentation et au logement.

## I. POURVOIR AUX DIFFICULTÉS

## GRAPHIQUE DE RÉOLUTION

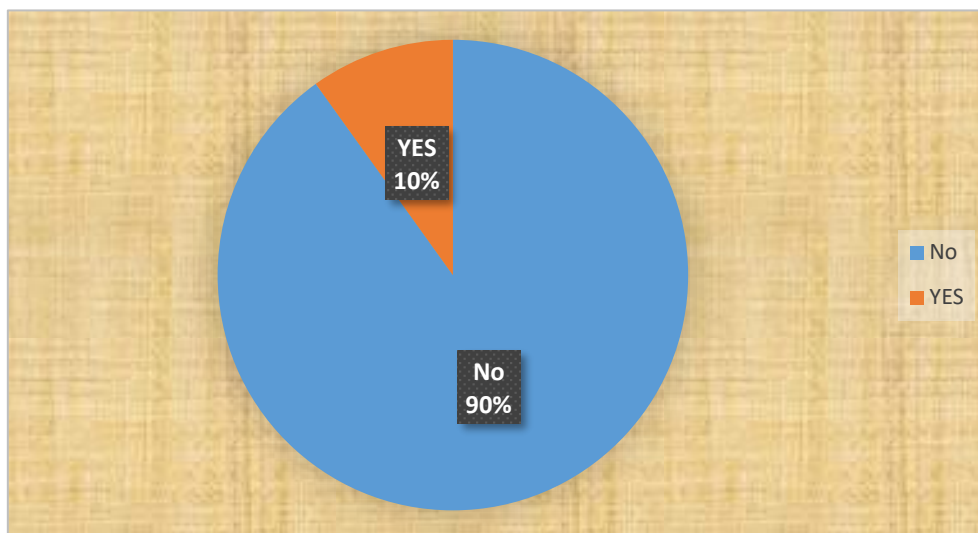


**Fig. 13. Répartition des enquêtes selon leur piste de solution**

Cette figure nous renseigne que la majorité des enquêtes font le libéral (débrouillardise) pour faire face à certains besoins élémentaires tandis qu'une partie est sans résolution face aux difficultés mais encore, une minime partie a un emploi. La partie restante s'agit des personnes qui sont pris en charge.

## J. DEGRÉ DE SATISFACTION DE PRISE EN CHARGE

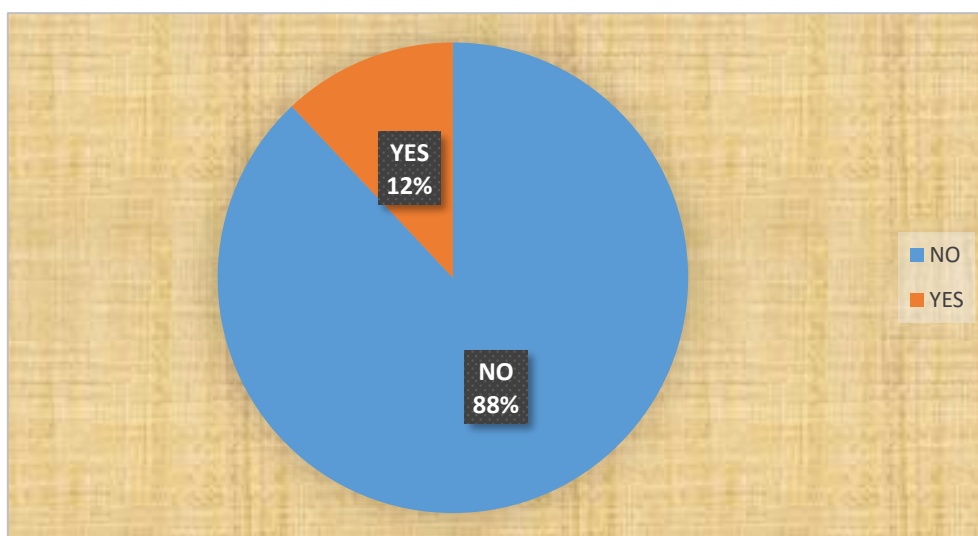
### GRAPHIQUE VEUVES



*Fig. 14. Répartition des veuves selon la satisfaction de leur prise en charge*

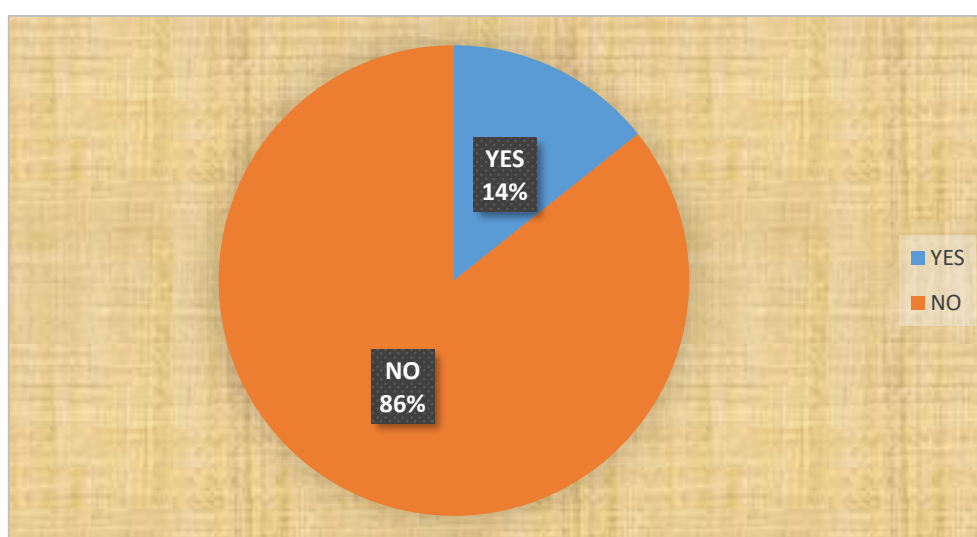
Cette figure nous montre qu'un grand nombre des veuves prise en charge ne sont pas satisfaites de leurs conditions de vie.

### GRAPHIQUE ORPHELINS



*Fig. 15. Appréciation des orphelins selon leur prise en charge*

Cette figure nous montre qu'un grand nombre des orphelins pris en charge ne sont pas satisfaits de leurs conditions de vie.

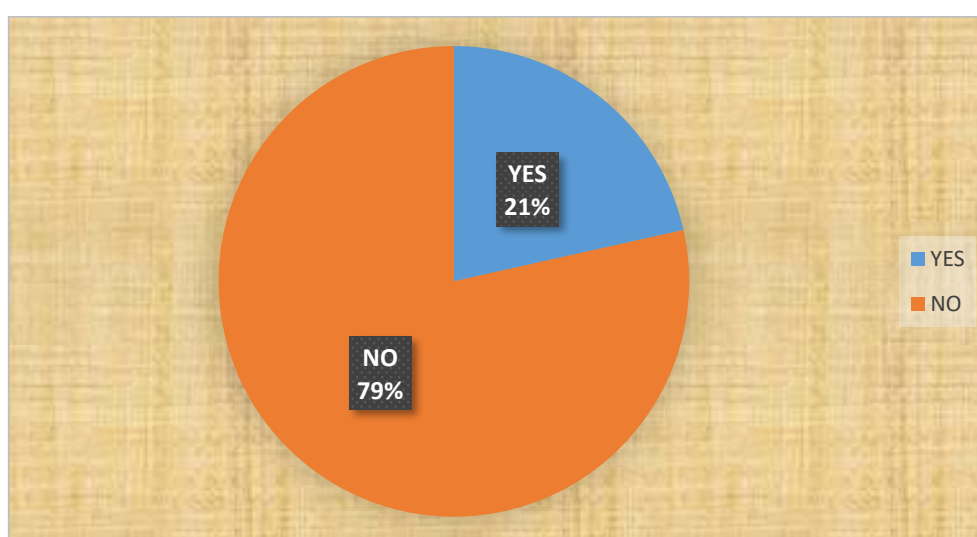
GRAPHIQUE PERSONNES DE 3<sup>ÈME</sup> ÂGE

**Fig. 16. Appréciation des personnes de 3<sup>ème</sup> âge selon leur prise en charge**

Cette figure nous montre qu'un grand nombre de personnes de troisième âge prises en charge ne sont pas satisfaites de leurs conditions de vie.

## K. DEGRÉ DE CONNAISSANCE D'UNE MUTUELLE DE SÉCURITÉ SOCIALE

## GRAPHIQUE DEGRÉ DE CONNAISSANCE



**Fig. 17. Connaissance des enquêtés sur l'existence d'une mutuelle de sécurité sociale**

La figure nous montre que la majorité de nos enquêtés ignore l'existence d'une mutuelle de sécurité sociale.

## L. NIVEAU D'ACCEPTATION

### GRAPHIQUE D'ACCEPTATION

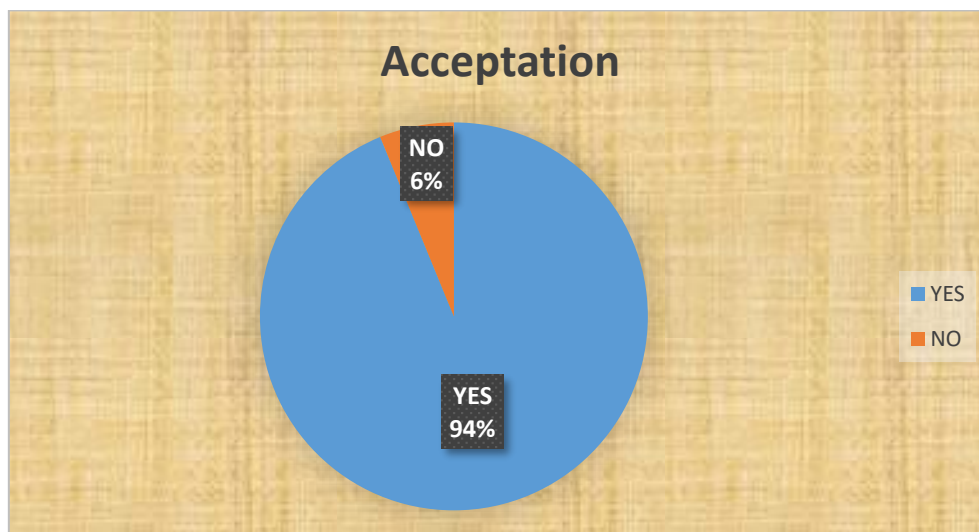


Fig. 18. Avis des enquêtés sur une mutuelle de sécurité sociale

La figure 17 nous montre que la majorité de nos enquêtés a accepté l'idée de la création d'une mutuelle de sécurité sociale.

## M. COTISATION ET FRÉQUENCE

### GRAPHIQUE COTISATION PAR SEMAINE

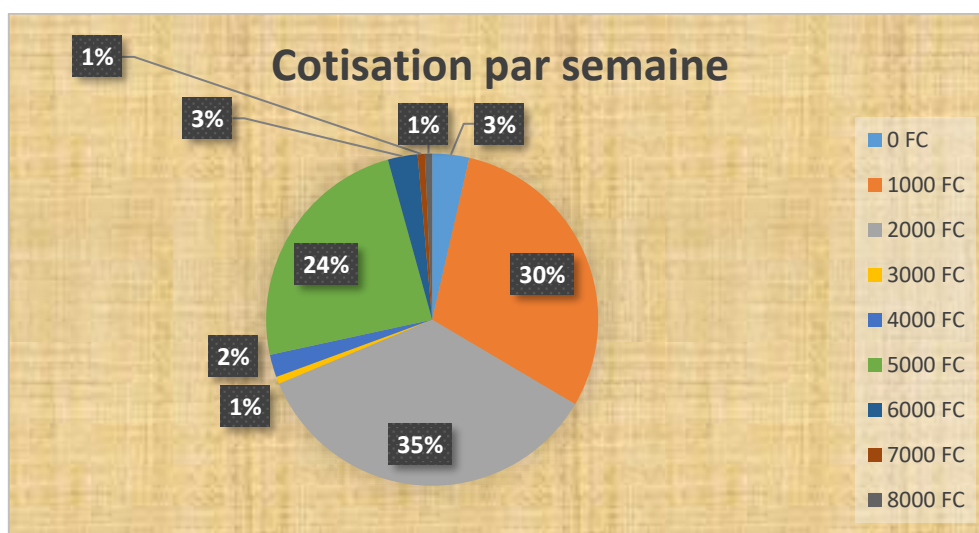


Fig. 19. Contribution des enquêtés selon leurs possibilités

Légende :

| Par semaine/FC | Nombre de personnes | Total/ FC      | Pourcentage    |
|----------------|---------------------|----------------|----------------|
| -              | 10                  | -              | 3.60%          |
| 1,000          | 82                  | 82,000         | 29.90%         |
| 2,000          | 96                  | 192,000        | 35.20%         |
| 3,000          | 2                   | 6,000          | 0.70%          |
| 4,000          | 6                   | 24,000         | 2.20%          |
| 5,000          | 66                  | 330,000        | 24.10%         |
| 6,000          | 8                   | 48,000         | 2.90%          |
| 7,000          | 2                   | 14,000         | 0.70%          |
| 8,000          | 2                   | 16,000         | 0.70%          |
| <b>Total</b>   | <b>274</b>          | <b>712,000</b> | <b>100.00%</b> |

Moyenne de cotisation proposée par membre / Semaine: 2598.5 FC

NB: FC signifie Francs Congolais

#### GRAPHIQUE COTISATION PAR MOIS

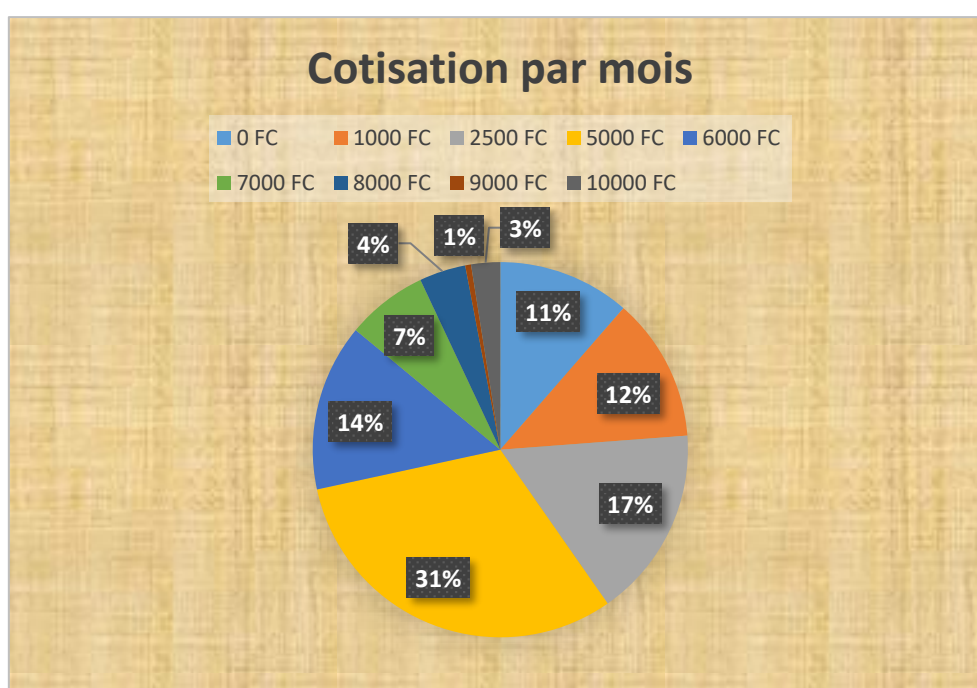


Fig. 20. Contribution des enquêtés selon leurs possibilités

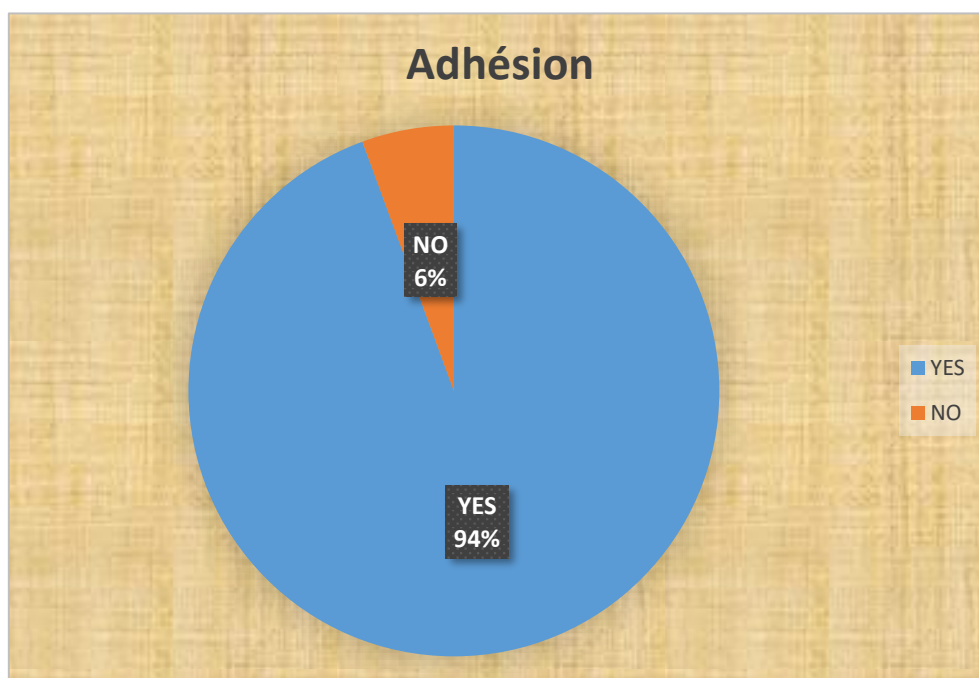
Légende :

| Par mois/ FC | Nombre de personnes | Total FC         | Pourcentage    |
|--------------|---------------------|------------------|----------------|
| -            | 46                  | -                | 11.40%         |
| 1,000        | 50                  | 50,000           | 12.40%         |
| 2,500        | 66                  | 165,000          | 16.50%         |
| 5,000        | 126                 | 630,000          | 31.30%         |
| 6,000        | 58                  | 348,000          | 14.40%         |
| 7,000        | 28                  | 196,000          | 7%             |
| 8,000        | 16                  | 128,000          | 4%             |
| 9,000        | 2                   | 18,000           | 0.50%          |
| 10,000       | 10                  | 100,000          | 2.50%          |
| <b>Total</b> | <b>402</b>          | <b>1,635,000</b> | <b>100.00%</b> |

Moyenne de cotisation proposé par membre / mois: 4067.16 FC.

## N. ADHÉSION À UNE MUTUELLE DE SÉCURITÉ SOCIALE

### GRAPHIQUE ADHÉSION



**Fig. 21. Adhésion des membres**

La figure nous montre que la grande majorité de nos enquêtés est prête à adhérer à la mutuelle de sécurité sociale.

## 5 DISCUSSION

Cette étape d'interprétation des résultats et de mise en œuvre des recommandations constitue la dernière étape de cette étude.

Après l'analyse des résultats obtenus dans les différents graphiques à travers les différents commentaires en bas de chaque graphique, nous sommes convaincus et même persuadés à partir de l'échantillon sélectionné que la création d'une structure de sécurité sociale pour les personnes à faibles revenus, victimes d'injustice sociale et vulnérables en RDC basée sur l'autofinancement est possible pour lutter contre la pauvreté et la médiocrité.

En conséquence, nous appelons l'État congolais à s'impliquer activement dans les procédures judiciaires en cas de décès des conjoints et des proches afin de faire appliquer le droit successoral pour limiter le nombre d'abus dans ce domaine.

Nous demandons également aux différentes Organisations Non Gouvernementales de Développement, aux ONGD mais aussi au PNUD non seulement d'élaborer des enquêtes mais aussi d'organiser, de financer et surtout d'orienter certains projets de développement dans cette perspective afin de lutter contre cette victimisation.

## 6 CONCLUSION

Suite aux entrevues auprès d'intervenants impliqués dans cette étude, mais aussi à partir des observations de ce qui se passe en Afrique en général et en République Démocratique du Congo plus précisément, cet article a cerné la situation et les conditions matérielles de cette création d'une structure de sécurité sociale. Et il est à même de conclure qu'il est essentiel d'intégrer la perspective d'autofinancement dans les projets de création d'institution ou structure sociale s'occupant des personnes vulnérables dans les programmes de lutte contre la pauvreté.

Considérant que la marginalisation des orphelins, veuves et personnes âgées est devenue une préoccupation majeure dans la lutte contre la pauvreté, cet article a donc cherché à comprendre la racine de cette marginalisation. Il a été question de



chercher à savoir comment cette situation néfaste était-t-elle arrivée et comment à partir d'un programme solidaire d'auto prise en charge la situation pourrait s'améliorer.

C'est évident qu'il y'a encore beaucoup à faire pour réellement mettre en œuvre ces genres de structures en Afrique s'occupant des personnes vulnérables et surtout délaissées et abandonnées par la société, néanmoins cet article s'est donné comme mission de cerner la réalité, l'origine même de ces genres de situation, les réalités socio-économiques des cibles mais encore la volonté et la possibilité de se prendre en charge tout en demandant à l'Etat et aux autres organismes de développement de s'impliquer réellement afin de lutter contre cette désocialisation.

## REFERENCES

- [1] Catherine groux, la prise en charge des orphelins et des enfants vulnérables par les grand-mères au burkina faso, mémoire, maîtrise en intervention sociale, université du québec à montréal, novembre 2008.
- [2] CODE\_DE\_LA\_FAMILLE\_DE\_LA\_REPUBLIQUE\_DEMOCRATIQUE\_DU\_CONGO « [www.leganet.cd](http://www.leganet.cd) » (page consulté le 25 Novembre 2020).
- [3] Jean Paul LISELE SHUWA, "Croissance économique et pauvreté en RD Congo: Relation taux de croissance économique et Indice de Développement Humain de 2001 à 2014," International Journal of Innovation and Applied Studies, vol. 20, no. 3, pp. 949–962, June 2017.
- [4] Kangaseke Mbaka, Mwansa Kalunga Jean Pierre, Kalala Kasongo, and Mbuluku Embu Steve, "De l'existence et mécanismes légaux de la protection du Droit coutumier foncier congolais," International Journal of Innovation and Applied Studies, vol. 26, no. 1, pp. 119–126, April 2019.
- [5] Loi n° 09/001 du 10 janvier 2009 portant protection de l'enfant.
- [6] Mireille Abiala Ambiana and Célestin CHAMENI NEMBUA, "La féminisation de la pauvreté multidimensionnelle au Cameroun," International Journal of Innovation and Applied Studies, vol. 14, no. 1, pp. 46–52, January 2016.
- [7] Verhagen, K. 1991. L 'auto-développement, Un défi posé aux ONG. L'Harmattan, Coll. UCL 193 pages.
- [8] White, D. 1994. La gestion communautaire de l'exclusion Lien social et politique. Revue internationale d 'action communautaire. No.32 (automne): p.37-51.
- [9] <http://www.unpd.org/>.



## Impact de la Certification ISO 9001 sur la Performance Organisationnelle: Etat de L'Art

### [ Impact of ISO 9001 Certification on Organizational Performance: State of the Art ]

*Ibtissam El Moury<sup>1</sup>, Mohammed Hadini<sup>2</sup>, Adil Chebir<sup>1</sup>, and Adil Echhelh<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Laboratory of Energetic Engineering and Materials, Faculty of Sciences (FSK), Ibn Tofail University, Kenitra, Morocco

<sup>2</sup>CIM and Industrial Engineering Laboratory (LMPGI), High School of Technology, Hassan II University, Casablanca, Morocco

---

Copyright © 2020 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:** Conducting Business locally or globally can be complicated and requires careful planning and good assessment of all the pros and cons. Indeed, organizations nowadays operate in a complex environment and being 'agile and performant' is a critical success factor.

Shareholders and Managers alike preach the importance of 'Performance' as a means to achieving customer needs satisfaction and success. However, and due to its polysemantic nature, 'Performance' proves to be a concept difficult to define.

A brief approach to the concept of 'Performance' is not the sole purpose of this article. The Quality Management System (QSM) and the benefit of being ISO 9001 certified are also among its pillars. Those performance levers open the door for numerous benefits: customer experience improvement, reduced organizational uncertainty and building a dynamic learning organization are indeed valuable dividends among others.

**KEYWORDS:** Performance, Organisationnel performance, Quality Management System (QSM), ISO 9001 certification.

**RESUME:** Une mondialisation accrue des marchés, une intensification de la concurrence et un environnement économique tourmenté font la réalité actuelle du monde où les entreprises doivent opérer. Ces entreprises doivent donc être suffisamment agiles pour pouvoir saisir les opportunités et bien gérer les risques. Autrement dit, seules les entreprises 'performantes' ont une chance de réussir dans un monde où le perpétuel changement règne.

La performance est donc la marque d'excellence qu'aussi bien les actionnaires que les dirigeants cherchent. C'est cette importance que le monde des entreprises accorde à la performance qui fait de cette dernière un concept digne d'observation et de recherche. Praticiens et théoriciens ont fait de sa définition un objet de réflexion et nous savons aujourd'hui, grâce à leurs efforts, que la performance est une notion complexe et difficile à définir.

Cet article ne se limite pas uniquement à l'éclaircissement de cette notion. En effet, il jette la lumière sur le SMQ (Système de Management de la Qualité) en tant que 'levier de performance organisationnelle' et avance la certification ISO 9001 comme une piste à explorer.

Un SMQ certifié ISO 9001 apporte en effet plus qu'une promesse en termes d'impact: La codification des connaissances, la réduction des incertitudes organisationnelles, la création d'une dynamique d'apprentissage organisationnel et bien d'autres avantages qui déclenchent un changement salutaire au sein de l'entreprise.

**MOTS-CLEFS:** Performance, Performance Organisationnelle, Système de Management de la Qualité, Certification ISO 9001.

## 1 INTRODUCTION

Quand la logique d'amélioration gouverne les pensées d'un entrepreneur ou d'un Manager, la 'performance' devient le concept auquel il est fait constamment référence. Aussi bien les théoriciens que les praticiens s'accordent à dire que cette notion est multidimensionnelle et prête souvent à confusion. Sa compréhension ne peut néanmoins être cernée que dans le contexte où elle est utilisée: Performance organisationnelle, commerciale, financière ...

Une chose est certaine: la performance, et quelle que soit sa nature, n'est que le reflet de la capacité de l'entreprise à satisfaire ses clients et à anticiper leurs besoins. Un SMQ (Système de Management de la Qualité) aussi bien fiable qu'efficace, et dans un monde d'affaires extrêmement compétitif, est à la fois un outil de compétitivité et de viabilité. A ce stade, il devient facile d'imaginer l'importance de la norme ISO 9001 et les dividendes que sa certification peut générer.

Les constats susmentionnés sont la principale motivation de ce travail. Ce dernier est un résumé de plusieurs recherches ayant visé la notion de 'performance organisationnelle' et l'impact qu'une certification ISO 9001 peut avoir sur cette performance.

## 2 CLARIFICATION DU CONCEPT PERFORMANCE

Etymologiquement, la performance vient du 'parformer' [Français ancien au XIII siècle] qui signifie, 'Accomplir, exécuter' [1]. Le verbe anglais, 'to perform' apparaît au XVème siècle avec une signification plus large.

Le lexique du management 'AXCION' [2] définit la performance comme étant: « Le résultat obtenu dans un domaine spécifique et considéré comme un aboutissement victorieux. Elle peut être le fait d'une action humaine ou de celle d'un matériel ou d'un processus, etc. Pour être appréciée elle fait l'objet de mesure. ».

Dans le domaine de la gestion et vu qu'elle est rarement définie explicitement, la performance a toujours été une notion ambiguë. Elle n'est utilisée en contrôle de gestion que par transposition de son sens en anglais. Depuis les années 80, de nombreux chercheurs se sont attachés à la définir (Bouquin, 1986; Bescos et al., 1993; Bourguignon, 1995; Lebas, 1995; Bessire, 1999...) et plus récemment, cette notion est mobilisée dans la littérature managériale pour évaluer la mise en œuvre par l'entreprise des stratégies annoncées de développement durable [3].

La performance est une notion polysémique, complexe et difficile à définir. En effet ce concept peut concerner différents domaines et différentes disciplines. Elle a été largement ventilée durant les récentes décennies comme un impératif catégorique. Sa complexité n'émane pas uniquement de la diversité de ses conceptualisations mais aussi de son caractère multidimensionnel.

Elle s'appuie largement sur les notions d'efficacité et d'efficience: [4] confirment que tous les auteurs admettent la difficulté de définir ce construit et ont tendance à s'accommoder plutôt avec des concepts tels que l'efficacité organisationnelle. Aussi [5] pense que les notions (efficience, efficacité) cohabitent et se recoupent avec la performance.

Cependant, [6] pense que la performance est bien plus 'qu'efficience et efficacité', et elle n'est pas non plus 'exploit' mais plutôt un travail persévérant dans un souci d'équilibre.

En marquant la performance comme un « mot-valise », [7] affirme davantage l'ambiguïté entourant cette notion et avance la polysémie comme trait de caractère commun à toutes les tentatives de définition. Cela dit, et en sommant tous les efforts antérieurs pour éclaircir cette notion, des conclusions intéressantes peuvent être tirées:

La performance est au cœur des équilibres sociaux, économiques et financiers de l'entreprise. En d'autres termes, elle constitue l'axe tournant de toutes les décisions (stratégiques et opérationnelles) et exige des critères d'évaluation pour comprendre son évolution.

**Vu que la performance est un construit support à des jugements**, il faut s'attendre et selon [8] à qu'elle « possède, en tant que construit social, autant de significations qu'il existe d'individus ou de groupes qui l'utilisent ».

A cela s'ajoute le caractère évolutif des composantes qui dictent le comportement de la performance. En effet, ces composantes sont loin d'être statiques. A titre d'exemple, il ne faut s'attendre à ce que les facteurs qui conditionnent le succès restent inchangés quand une firme passe d'une phase d'innovation à une phase de développement. En bref, les contraintes à la fois internes et externes ont leur mot à dire quand l'organisation s'apprête à cerner sa performance.

**La performance est donc un concept évolutif** comme conclu par [9]. Il existe en effet « des combinaisons de facteurs humains, techniques, financiers, organisationnels qui sont efficaces dans un contexte donné et qui ne le sont plus dans d'autres.

Ces combinaisons sont multiples, et changent au cours du temps ». A noter que l'aspect évolutif de la performance ne fait pas d'elle une matière incontrôlable.

**En effet, la performance reste un construit qui se pilote.** Si ce pilotage avait pour longtemps le critère financier comme indicateur de base, l'adaptation à l'environnement de l'entreprise impose en revanche la prise en considération d'autres indicateurs pour garantir une mesure plus exacte de la performance. Les critères financiers et non financiers se complètent [10] et offrent une vision globale de la performance [11].

**Le caractère antinomique des composantes de la performance** fait de cette dernière un construit digne d'observation et d'analyse également [12]. L'arbitrage devient le mot d'ordre quand des critères naturellement contradictoires sont sollicités par le dirigeant d'une entreprise. Opérer une réduction des coûts tout en assurant une amélioration de la qualité des produits et tout en préservant le moral des employés est un exemple qui résume parfaitement ce constat.

A la lumière de tout ce qui a été expliqué précédemment, quelle conclusion doit-on tirer sur la performance quand la question de pilotage est abordée ? Plusieurs travaux de recherche insistent sur le fait que le statut multidimensionnel de la performance est loin d'être un obstacle au bon pilotage de l'entreprise. En effet, la performance est le reflet de la pertinence des décisions prises par les décideurs et reste le meilleur outil pour tester la viabilité de leurs choix stratégiques. Autrement dit, une représentation multicritère de la performance est une nécessité.

### **3 LA PERFORMANCE ORGANISATIONNELLE**

La performance organisationnelle « concerne la manière dont l'entreprise est organisée pour atteindre ses objectifs et la façon dont elle parvient à les atteindre. » [13]. La performance organisationnelle détermine donc l'aptitude de l'entreprise à mettre en application des processus efficaces afin de réaliser ses projections opérationnelles et stratégiques. Les piliers de cette efficacité ne peuvent être que:

- Le développement et le respect d'une approche 'Processus',
- Les relations entre les pilotes des différents compartiments de l'organisation,
- La qualité de la circulation de l'information,
- Et le degré de flexibilité de l'organisation.

Pour [14], il s'agit d'une performance portant directement sur l'efficacité de la structure organisationnelle et non pas sur ses éventuelles conséquences de nature sociale ou économique.

[15] considère l'efficacité organisationnel comme « le jugement que porte un individu ou un groupe sur l'organisation et plus précisément sur les activités, les produits, les résultats ou les effets qu'il attend d'elle. »

[16] a conclu que: La difficulté, constatée sur le plan théorique, pour définir le concept de la performance et celui de l'efficacité organisationnelle, fait que le recours aux indicateurs de mesure de l'un ou de l'autre des concepts en fonction des objectifs que se fixe l'entreprise demeurent le seul moyen pour apprécier le fonctionnement d'une entreprise.

### **4 LA NORME ET LA CERTIFICATION ISO 9001**

Chaque organisation doit faire face aux exigences de ses parties prenantes. L'ensemble des processus, de politiques et de procédures qui permettent de satisfaire ces exigences forment ce qu'est communément appelé un 'Système de Management de la Qualité (SMQ) '.

Un SMQ conduit à la maîtrise des processus et de la qualité des produits (ou des services) chose qui permet, à son tour, de satisfaire le client et d'atteindre les objectifs économiques que l'organisation s'est fixée.

Il faut dire que pour réussir dans le monde des affaires, construire et fidéliser une base de clients est primordiale. Autrement dit, il faut répondre de façon optimale aux attentes présentes mais également futures du marché chose qui passe inévitablement par l'offre de services de qualité.

Une expertise aiguisée en matière de Management de la qualité est donc l'outil pour réussir cette mission et L'ISO 9001 est la piste privilégiée pour normaliser et fiabiliser un SMQ. Ainsi, l'alignement par rapports aux exigences des clients et aux attentes réglementaires devient possible.

La certification a également un mot à dire dans ce contexte. Cette certification, qui se traduit par la délivrance d'une assurance écrite par organisme extérieur et indépendant, donne l'éclat nécessaire à tout SMQ respectant la norme ISO 9001. En effet, et au-delà du fait d'apporter une contribution d'experts expérimentés, la certification garantie à l'entreprise une

solide réputation et un rayonnement plus prépondérant. A cela s'ajoute l'amélioration continue de l'organisation et des chances bien meilleurs pour gagner en part de marché.

Selon [17], « La norme est un document écrit, accessible au public, établissant une règle du jeu évolutive concernant des signes directeurs ou des spécifications techniques, dont l'observation n'est pas obligatoire, élaboré par un organisme reconnu, dans un cadre faisant intervenir l'accord de toutes les parties concernées, destiné à une application répétitive et continue, et visant l'avantage optimal de la communauté dans son ensemble ».

ISO (International Standards Organisation) dans son guide ISO/IEC définit la norme comme étant « un document établi par consensus et approuvé par un organisme reconnu, qui fournit, pour des usages communs et répétés, des règles, des lignes directrices ou des caractéristiques, pour des activités ou leurs résultats garantissant un niveau d'ordre optimal dans un contexte donné ».

L'ISO définit la certification comme suit: 'Procédure par laquelle une tierce partie donne une assurance écrite qu'un produit, un processus ou un service est conforme aux exigences spécifiées dans un référentiel'. Ainsi, **la certification ISO 9001 atteste qu'une organisation a un système de management conforme à la norme ISO 9001**. A noter que les autres normes de la série 9000: vocabulaire (ISO 9000), lignes directrices (ISO 9004) ne contenant pas d'exigences et ne peuvent pas servir de base à la certification.

## 5 LA CERTIFICATION ISO 9001 ET LA PERFORMANCE ORGANISATIONNELLE

Dans leur étude [18], ont présenté une typologie des normes sur la base de deux critères: organisationnel versus produit et procédural versus substantif. Cette typologie nous mène à la conclusion que pour atteindre certains résultats de performance, le respect des normes ISO 9001 est primordial. En d'autres termes, ces normes sont à analyser comme un référentiel procédural et organisationnel qui exige: une mise en œuvre de dispositions et, un suivi méticuleux de procédures organisationnelles.

Autant dire que La certification porte sur le respect de ces procédures et non sur le résultat lui-même. En d'autres termes, la certification ne porte pas sur les performances réalisées mais sur l'assurance de les atteindre une fois ses dispositions incorporées par l'organisation. Prenons l'exemple ci-après pour plus de clarifications:

- a. La norme ISO 9001 oblige une entreprise d'investiguer les exigences des clients et mettre en place un plan d'action pour y répondre. L'objectif final est de sortir avec une étude de satisfaction des clients et de comparer le résultat avec le service et/ou le produit offert.
- b. Quand un auditeur se présente pour certifier cette entreprise, sa préoccupation se sera en aucun cas la mesure du taux de satisfaction des clients [19]. En effet sa mission, dans le processus de certification de cette entreprise, est d'uniquement confirmer l'application des étapes susmentionnés.

Donc La certification ISO 9001 a pour mission de confirmer **l'obligation de moyens et non pas de résultats**. Ainsi pour [20]: La norme ISO 9001 est à percevoir comme un contrat type inachevé dont les clauses portent sur l'art et la manière de le compléter.

Ce qui motive la mise en œuvre de la norme ISO 9001 aura sans doute un impact sur le degré d'implication des parties prenantes directement impliquées. C'est ce que [21] soulèvent comme constat en analysant la mise en œuvre de cette norme. En effet deux cas extrêmes sont utilisés comme matières d'observation pour mettre en perspective les résultats de leurs recherches:

**Dans le premier cas**, les dirigeants d'une PME d'une vingtaine de salariés ont fixé comme priorité la mise en place d'une démarche qualité. Cependant, la première et unique motivation derrière était l'obtention d'une certification ISO 9001. Autrement dit la motivation était purement 'substantive'. Les dirigeants ont vécu l'expérience comme une 'contrainte'.

**Le second cas** aborde, quant à lui, une entreprise de grande taille opérant dans l'énergie avec 950 salariés. L'ouverture de son marché à la concurrence était une raison suffisante pour avoir un comité de direction convaincu de l'importance d'une amélioration de la qualité du service rendu. 'Maîtriser et progresser' ont donc motivé la mise en œuvre de la norme ISO 9001. Autrement dit, la mise en place de tout le projet était 'Volontaire' et vécue comme judicieux investissement.

Les effets de la certification sur la performance organisationnelle de ces deux entreprises se présentent comme suit:

Tableau 1. Les effets de la certification sur la performance organisationnelle

| La PME de 20 salariés                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | L'entreprise de 950 salariés                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- La certification crée la bureaucratie</li> <li>- Rangement plus systématique et ordonné des documents grâce aux enregistrements qualité, et meilleure planification des activités.</li> <li>- Elle permet un apprentissage du code, essentiellement exogène à l'organisation, et en simple boucle.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- La certification crée une bureaucratie accrue mais ne freine pas forcément l'apprentissage.</li> <li>- Clarification des rôles des agents</li> <li>- Compréhension de la contribution des entités aux processus métiers.</li> <li>- La conformité à la norme génère à la fois des changements organisationnels (performance par service versus globale) et de l'apprentissage continu.</li> <li>- La certification a un impact sur l'efficacité du système: mise en place de solution standard pour une meilleure gestion des interfaces avec les clients, offre globale de service, meilleur pilotage de l'activité.</li> </ul> |

Concernant l'effet de la certification sur **la communication interne** au sein de l'entreprise, [22] ont confirmé que le lien entre ces deux éléments est positif. Cette amélioration de la communication résulte d'une meilleure compréhension par les employés des standards de fabrication et de leurs responsabilités dans les processus, ainsi qu'une meilleure maîtrise de ces processus par les managers.

Aussi parmi les apports névralgiques des démarches de certifications: **la codification des connaissances et la réduction des incertitudes organisationnelles** [23]. soulignent que les pratiques qualité induisent la réduction de l'incertitude des coordinations organisationnelles par la standardisation des pratiques de travail.

L'apport le plus important d'une mise en place d'un **SMQ et de sa certification est la création d'une dynamique d'apprentissage organisationnel** à travers le processus de rédaction des documents qualité [24]. Autant dire qu'ISO 9000 favorise la codification des connaissances, leur création et facilite ainsi leur transfert et leur diffusion. La coordination au sein de l'entreprise est de ce fait bien meilleure.

[25] reformulent le même constat en affirmant que **la certification vue comme un dispositif d'apprentissage organisationnel** et plus largement comme un outil de la gestion des connaissances [26]. ajoute une addition à ce constat en précisant que l'impact du processus de certification sur l'apprentissage organisationnel dépend de la possibilité laissée aux acteurs de développer un apprentissage individuel.

Ces trois derniers auteurs démontrent ainsi qu'une fois l'opinion de l'ensemble des salariés pris en compte, **la mise en place d'un SMQ peut avoir un impact sur la base des connaissances** déjà existantes au sein de l'organisation. Le tout offre une chance pour transformer les connaissances en compétences et favoriser ainsi l'évolution de l'entreprise. Ce constat explique également qu'aussi bien [27] que [28] décrivent la relation entre le SMQ et le knowledge management (outils de gestion de la connaissance) comme dynamique et complémentaire.

D'une manière générale, la démarche qualité déclenche un processus de changement au niveau organisationnel suite à la mise en place de mesures et procédures pour le contrôle et la maîtrise de la qualité [29]. L'auteur a réalisé une enquête auprès 100 PME Marocaine dans le cadre d'une étude qui concerne La certification ISO 9001 et le changement organisationnel, l'objectif de son travail est de comprendre à quel point les dirigeants de ces entreprises sont satisfait de l'impact de la démarche qualité au niveau organisationnel [29].

Les résultats de cette enquête montrent que: **Toutes les entreprises certifiées sont totalement ou moyennement - satisfaites de l'impact organisationnel de la mise en place du système de management de la qualité**. Aussi il a présenté Les effets positifs de la certification sur le plan organisationnel: Formalisation des procédures (notamment au niveau du processus de production), contrôle continu, standardisation des procédés, clarification des rôles et des responsabilités et finalement différenciation de la structure.

Au Canada, des chercheurs ont étudié l'impact de la norme ISO 9001 sur la performance organisationnelle [30]. Ils ont confirmé que parmi les apports de la certification: la réduction des défauts et pertes, l'amélioration de la satisfaction client et la meilleure perception de la qualité des produits.

Dans le contexte Australien, Singh a montré que la norme ISO 9001 a un effet positif sur la maîtrise des processus [31]. Toujours dans le même contexte, les résultats de plusieurs travaux de recherches ont prouvé l'impact positif de la norme ISO 9001 sur l'efficacité opérationnelle des processus de l'entreprise [32].

Finalement, pour [33], l'amélioration continue selon les exigences de la norme internationale ISO 9001 explique directement l'efficacité des processus organisationnels.

## 6 CONCLUSION

Nous pouvons conclure que la mise en place d'une démarche qualité certifiée se traduit par des changements organisationnels qui touchent essentiellement: la clarification des rôles et des responsabilités, et la mise en place de procédures et le contrôle à tous les niveaux.

Ainsi, et bien qu'il reste insuffisant pour créer des connaissances nouvelles, un SMQ certifié est un cadre nécessaire à la codification et à la circulation des connaissances au sein de l'entreprise.

## REFERENCES

- [1] Y. Pesqueux, "La notion de performance globale", 5 Forum international ETHICS, Tunisie, (Déc. 2004).
- [2] Le lexique de management AXCION Edition 2019.
- [3] M. Capron, F. Quairel-Lanoizelee 'Evaluer les stratégies de développement durable des entreprises: l'utopie mobilisatrice de la performance globale', Journée Développement Durable- AIMS – IAE d'Aix-en Provence, pp.1-22, 2005.
- [4] R.E. Quinn, J. ROHRBAUGH, "A Competing Values Approach to Organizational Effectiveness", Public Productivity Review, Vol.5, n°2, pp.122-139, 1981.
- [5] J.Y. Saulquin., 'Gestion des ressources humaines et performance des entreprises: le cas des établissements socio sanitaires', Revue de Gestion des Ressources Humaines, n° 36, juin, p. 19-31, 2000.
- [6] H. Löning, 'Les enjeux cachés de la mesure de la performance', les échos, le quotidien de l'économie du jeudi 22/05/08, numéro 20.177 numéro spécial /l'art du management, 2008.
- [7] Lebas Michel, 'Oui, il faut définir la performance', Revue Française de Comptabilité, n° 269, juillet-août, p. 66-71, 1995.
- [8] M. Morin, 'Système axiomatique de l'efficacité organisationnelle: valeurs et signification', Papier de recherche, HEC, Montréal, 98-12, (juin, 1992).
- [9] Godet M, 'Les dangers de la seule réactivité', Revue Française de Gestion, novembre-décembre, p. 91-92, 1991.
- [10] S. Kaplan Robert, et P. Norton David, 'The Balanced Scorecard Measures that drive Performance', Harvard Business Review, vol. 70, janvier-février, p. 71-79, 1992.
- [11] M. Morin, M. Guidon, et E. Boulianne, 'Mesurer la performance de l'entreprise', Gestion, vol. 21, 3 septembre, p. 61-66, 1996.
- [12] Lebas Michel, 'Oui, il faut définir la performance', Revue Française de Comptabilité, n° 269, juillet-août, p. 66-71. 1995.
- [13] M. Moulai Ali, Thèse de Doctorat en sciences économiques: La performance de l'industrie nationale des ciments à la lumière des théories contractuelles des organisations, Université d'Oran, Algérie, 2012.
- [14] Kalika Michel, 'Structures d'entreprises: réalités, déterminants, performances', Economica, p428, 1988.
- [15] Diane-Gabrielle Tremblay, 'Productivité et performance; enjeu et défi de l'éco du savoir', une note de recherche sur les enjeux socio-organisationnels de l'économie du savoir, Université du Québec, 2003.
- [16] M. Hadini, 'Le Concept de la Performance Industrielle: Etat de l'Art', 'International Journal of Innovation and Applied Studies', Vol. 28 numéro 3, pp. 726-739, Feb. 2020.
- [17] P. CREYSSEL, 'Agro-alimentaire: pour une stratégie de normalisation', Enjeux, supplément au n°113, 1991.
- [18] C. Gendron, M-F Turcotte, R. Audet., S. De Bellefeuille, M-A. Lafrance et J. Maurais, 'La consommation comme mobilisation sociale: l'impact des nouveaux mouvements sociaux économiques dans la structure normative des industries', Cahier de la Chaire de Responsabilité Sociale et de Développement Durable, Montréal, École des sciences de la gestion, UQAM, n° 15, 2003.
- [19] J. Juran, 'La qualité dans les services', AFNOR Gestion, Paris, 1987.
- [20] F. Cochoy, J.P. Garel, et G. De Terssac, 'Comment l'écrit travaille l'organisation: Le cas des normes ISO 9000', Revue Française de Sociologie, vol. 39, n° 4, p. 673- 699, 1998.
- [21] Gilles Lambert, Noufou Ouédraogo, 'Normes, routines organisationnelles et apprentissage d'entreprise', Revue française de gestion, n°201 p. 65-85, 2010/2.
- [22] K.S. Lee, E. Palmer 'An Empirical Examination of ISO 9000-Registered Companies in New Zeland', Total quality management, vol. 10, No. 6, p. 887-899, 1999.

- [23] M. Campinos-dubern et M. Jougleux 'L'assurance qualité: quelles contributions à la qualité des services ?', Revue Française de gestion, vol. 5, No. 146, p. 81-98. 2003.
- [24] I. Nonaka, 'L'entreprise créatrice de savoir', in Le Knowledge management, p. 35-63, Editions d'organisation, Paris, 1999.
- [25] G. Lambert, J. Loos-Baroin 'Certification ISO 9000 et création de connaissances opérationnelles ou conceptuelles: une étude de cas', Revue Finance contrôle stratégie, vol. 7, No. 1, p. 53-79, 2004.
- [26] P.M. Senge 'The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization', Doubleday Currency, New York. 1990.
- [27] F. Loukil « Normalisation, certification et coordination, un survey », Revue d'économie industrielle, No. 111, p. 97-122, 2005.
- [28] C. Lin, C. Wu 'A Knowledge Creation Model for ISO 9001: 2000', Total Quality Management, vol. 16, No. 5, p. 657-670, 2005.
- [29] Abderrahim Fekari, 'La certification ISO et le changement organisationnel dans la PME marocaine: résultats d'une enquête auprès de 100 PME', Management & Avenir, vol 3, n° 43, p. 164-177, 2011.
- [30] I. Thaver et A. Wilcock, "Identification of overseas vendor selection criteria used by Canadian apparel buyers: Is ISO 9000 relevant?" Journal of Fashion Marketing and Management., vol. 10, pp. 56-70. 2006.
- [31] P. J. Singh, "Empirical assessment of ISO 9000 related management practices and performance relationships, " International Journal of Production Economics., vol. 113, pp. 40-59. 2007.
- [32] S. Chee Chuong, D. Power, and P. J. Singh, "A resource dependence theory perspective of ISO 9000 in managing organizational environment, " Journal of Operations Management., vol. 29, pp. 49-64. 2010.
- [33] B. Gomiscek, D. Maletic, et M. Maletic, 'The relationship between continuous improvement and maintenance performance'. Dubai: University of Wollongong, 2012.

## Influence of the coupling of IrO<sub>2</sub> and PtO<sub>x</sub> on the charging / discharging process at the electrode / electrolytic solution interface

*Kambiré Olló<sup>1</sup>, Pohan Lemeyonouin Aliou Guillaume<sup>2</sup>, Kouakou Yao Urbain<sup>1</sup>, Kimou Kouakou Jocelin<sup>3</sup>, Koffi Konan Sylvestre<sup>3</sup>, Kouadio Kouakou Etienne<sup>3</sup>, and Ouattara Lassiné<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>UFR Sciences et Technologies, Université de Man, BP 21 Man, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>UFR Sciences Biologiques, Université Peleforo Gon Coulibaly de Korhogo, BP 1328 Korhogo, Côte d'Ivoire

<sup>3</sup>Laboratoire de Chimie Physique, UFR SSMT, Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody, Abidjan, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

---

Copyright © 2020 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** This work aimed to determine the voltammetric charges at the electrode / electrolytic solution interface of the IrO<sub>2</sub>, PtO<sub>x</sub> and IrO<sub>2</sub>-PtO<sub>x</sub> electrodes. The scanning electron microscope characterization (SEM) showed the presence of the IrO<sub>2</sub> and PtO<sub>x</sub> coating deposited on titanium supports. Also, this characterization revealed that the surface of the prepared electrodes is porous and rough. The cyclic voltammetry measurements allowed to show that the voltammetric charge is high at low scan rates. This result is due to the accessibility of the internal and external surfaces of prepared electrodes by electrolytic solution. In contrast, for the high scan rates, only the external (geometric) surface is in touch with the electrolyte. The voltammetric charge decreases when the pH of electrolyte increases. Regardless of the electrolytic solution the voltammetric charges increases in the order: PtO<sub>x</sub> < IrO<sub>2</sub> < PtO<sub>x</sub>-IrO<sub>2</sub>. In the absence of free protons (KClO<sub>4</sub> and KOH medium), the electrolyte diffuses inside the pores of the deposit regardless of its composition. Thus, all our electrodes have a large number of internal active sites. This study revealed that the processes which take place at the electrode / electrolyte interface are complex. These processes depend on several factors including the composition of the deposit, the proton concentration, etc. The linear correlations between the total voltammetric charge ( $q^*_{tot}$ ) and the total capacitance ( $C_{tot}$ ) show that they can be used to represent the extension of the electrochemically active surface.

**KEYWORDS:** Voltammetric charge, capacitance, porosity, electrode, active sites.

### 1 INTRODUCTION

The electrodes with high electrocatalytic performances have brought significant improvements in wastewater treatment [1-3]. Among of these, iridium dioxide (IrO<sub>2</sub>), a Dimensionally Stable Anode (DSA®), has attracted researchers' attention in the past decade [4-7]. This electrode is a well-known as having high chemical and physical stability. Commonly, IrO<sub>2</sub> electrode can be easily prepared by the thermal decomposition method [8-10]. Due to its high stability in the solution and low oxygen/chlorine evolution potential, IrO<sub>2</sub> electrode has been many applications [2, 11 and 12]. These properties make it to be a promising candidate in electrochemical supercapacitors research [13-15].

For understanding the electrocatalytic behaviour of IrO<sub>2</sub> electrode, the study of electrochemical surface properties is of fundamental importance. Cyclic voltammetry technique, is usually used for this investigation. This technical allow to determine the voltammetric charge ( $q^*$ ) who reveal the reaction process to the electrode / electrolyte interfacial [16-18]. From literature,  $q^*$  can be influenced by scan rate of electrolyte on the electrodes and also by the temperature of the medium [19-22]. Indeed, some authors indicated that the influence of the scan rate to the voltammetric charge is due to the slow diffusion of protons within the coating of the electrode [17]. Besides, the increase in the voltammetric charge gradually as the temperature



increases has been explained by the increase of the amount of the active sites of the electrode. Also, by the increase of amount of the protons that were involved in the solid state surface redox process on the electrode surface [22].

When the DSA electrodes (IrO<sub>2</sub> and RuO<sub>2</sub>) were used for wastewater treatment for example, authors coupled them to the platinum to perform a high degradation yield of the pollutants and have high timelife of the electrodes [12, 23-24]. But the investigation to a better understanding the charging/discharging mechanism of these coupled electrodes does not exist by our knowledge.

Thus, the development of new electrodes, the determination of the surface structure as well as the study of their electrochemical behavior through a simple voltammetric method motivated this work. Indeed, voltammetry is known as a technique providing surface information in the electrode / electrolyte interfacial processes. In this work, the electrodes of IrO<sub>2</sub>, PtO<sub>x</sub> and IrO<sub>2</sub>-PtO<sub>x</sub> (50 % molar ratio) will be prepared and characterized using voltammetric measurements.

## **2 MATERIAL AND METHODS**

The electrodes used for this work were prepared from metal precursors. These precursors were prepared from H<sub>2</sub>PtCl<sub>6</sub>.6H<sub>2</sub>O (Fluka) and H<sub>2</sub>IrCl<sub>6</sub>.6H<sub>2</sub>O (Fluka). The precursors were diluted in isopropanol (Fluka). Then the electrodes were prepared by following the following procedure: (i) application of the precursor solution with a brush on the treated surface of the titanium support of dimension (1.6 cm x1, 6 cm x 0.5 cm), (ii) baking at 80 ° C for 10 minutes to evaporate the solvents, (iii) thermolysis in an oven at 400 ° C for 15 minutes, (iv) removal from the oven and cooling. The succession of operations going from (i) to (iv) constitutes the deposition protocol for one layer. In general, several layers have been applied in order to obtain the desired thickness. More than three sequential layers are always deposited to ensure good coverage of the substrate. The final step is calcination at 400 ° C for 1 hour in the oven. The electrodes prepared by this technique are the electrodes of IrO<sub>2</sub>, PtO<sub>x</sub> and IrO<sub>2</sub>-PtO<sub>x</sub> (50% by mole of each element). For each electrode, approximately 5 g / cm<sup>2</sup> is deposited.

The XPS analysis was carried out with a Kratos Axis-Ultra Spectrometer using a monochromatic Al K $\alpha$  X-Ray source, operated at 15 kV, and a pass energy of 20 eV.

The electrochemical measurements were carried out with an Autolab ECHOCHEMIE Potentiostat (PGSTAT 20) connected by interface to a computer. These measurements were carried out with an electrochemical cell with 3 electrodes. The working electrodes (WE) used are the prepared electrodes. The counter electrode (CE) was a platinum wire and the reference electrode (RE) was a saturated calomel electrode (SCE). To overcome the potential ohmic drop, the reference electrode was mounted in a luggin capillary and placed close to the working electrode by a distance of 1 mm. The apparent exposed area of the working electrode was 1 cm<sup>2</sup>.

This study was performed at room temperature of 25 ° C.

## **3 RESULTS AND DISCUSSION**

### **3.1 PHYSICAL CHARACTERIZATION OF THE PREPARED ELECTRODES**

The characterization of the morphology of the sandblasted titanium support is presented in Figure 1a. This figure shows that the surface of the titanium is rough. This makes it possible to promote good adhesion of the catalytic deposit and better ohmic contact between the deposit and the titanium support [1].

The Scanning electron micrographs (SEM) of the surface of the prepared electrodes (IrO<sub>2</sub>, PtO<sub>x</sub> and IrO<sub>2</sub>-PtO<sub>x</sub>) are presented in photos 1b, 1c and 1d of Figure 1. Compared to the photo of figure 1.a, it appears that the different deposits completely cover the titanium substrate. The photo of the iridium oxide electrode shows several cracks and a few pores in accordance with the literature [25]. The cracks observed on the surface of iridium oxide occur during cooling of the deposit due to the mechanical stresses produced by the difference in the coefficients of thermal expansion of the substrate and the deposit. The platinum oxide electrode has a smooth, compact and almost homogeneous surface [12]. The coupled IrO<sub>2</sub>-PtO<sub>x</sub> electrode has a rough and compact surface due to the presence of platinum oxide on its surface. There are also small cracks that show the presence of iridium oxide on the surface of this electrode.

The figure 2 shows the XPSs of the prepared electrodes. On the XPS spectrum of pure platinum, we note the presence of three intense peaks at 70, 312 and 335 eV, which characterize the presence of platinum on titanium. Two very close peaks are observed at 218 and 224 eV. These two peaks would characterize the presence of platinum oxide. On the spectrum of the electrode (50 mol% of each element) in addition to the peaks observed at 70, 312 and 335 eV, characteristic of the presence

of platinum, we have peaks at 61, 296 and 494 eV. These three new peaks are also present on the spectrum of the pure iridium oxide electrode. They would be characteristic of the presence of iridium oxide. These results show the presence of deposits produced on the prepared electrodes.

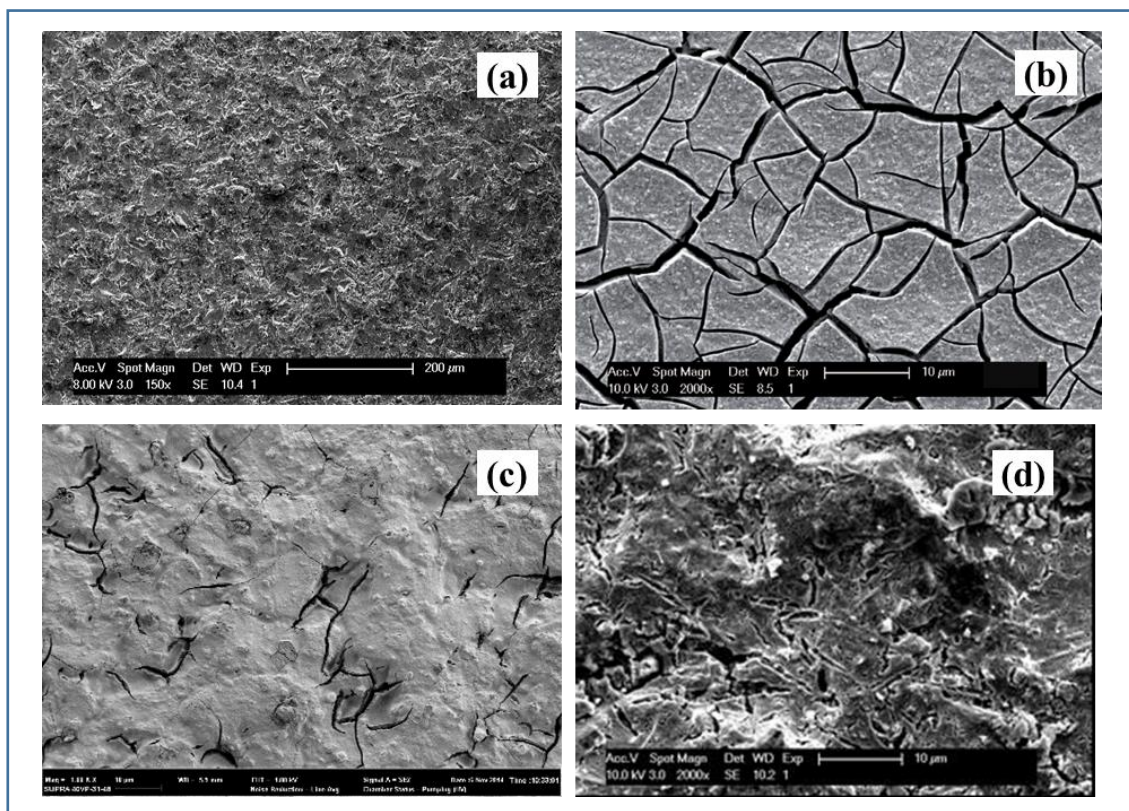


Fig. 1. Scanning electron micrographs of sandblasted titanium surface (a),  $\text{IrO}_2$ ,  $\text{PtO}_x$  (c) and  $\text{IrO}_2\text{-PtO}_x$  (d)

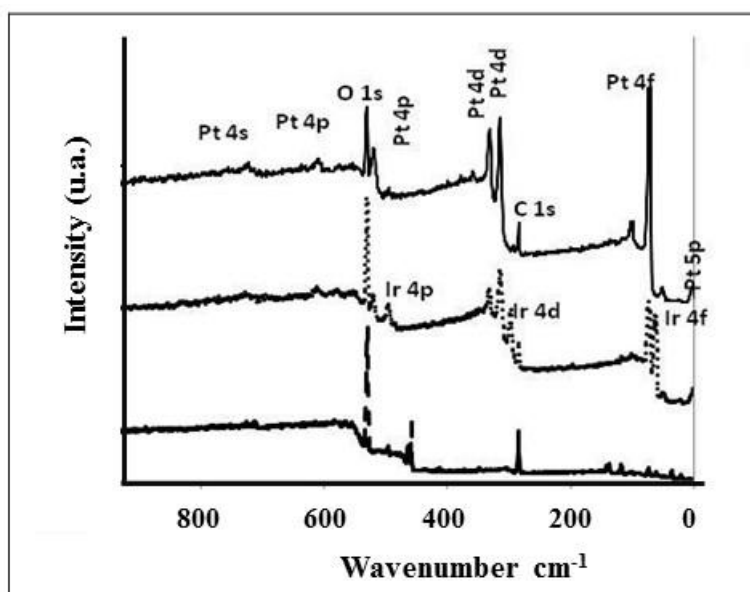
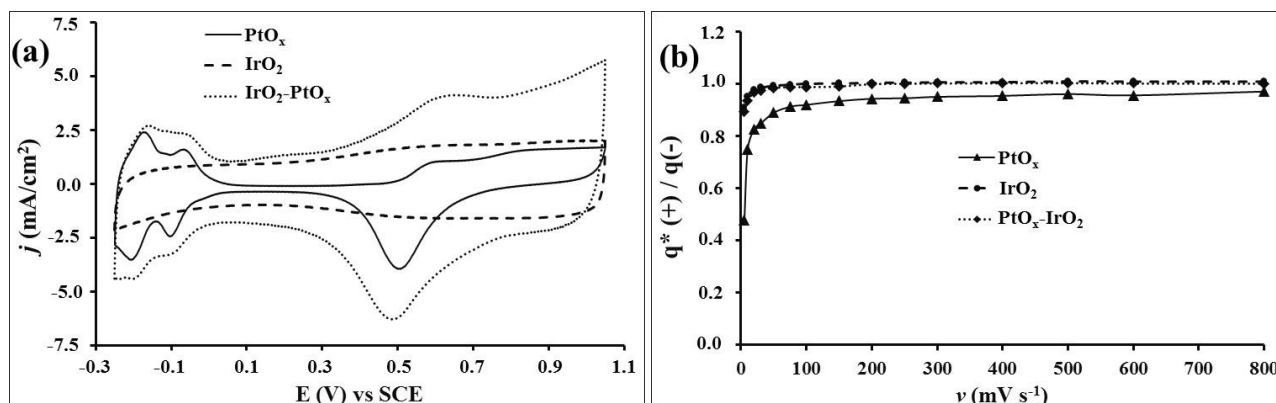


Fig. 2. XPS spectra of  $\text{PtO}_y$ ,  $\text{IrO}_2$  and  $\text{IrO}_2\text{-PtO}_y$

### 3.2 ELECTROCHEMICAL CHARACTERIZATION OF THE ELECTRODES

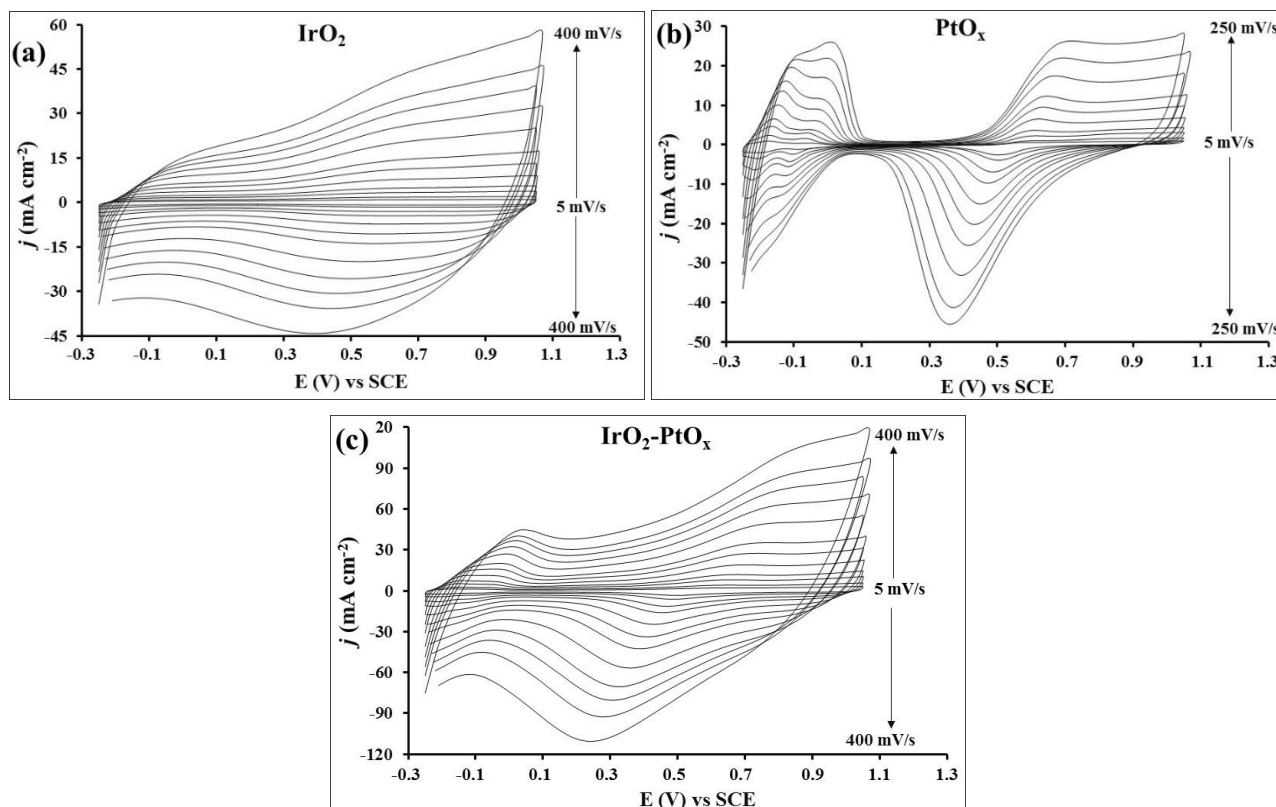
shows the cyclic voltammograms of the prepared electrodes recorded in perchloric acid medium 0.1 M in the potential domain of -0.25 to 1.05 V / SCE. The PtO<sub>x</sub> electrode has several regions. From -0.25 to 0 V / SCE, there are various peaks related to hydrogen adsorption and desorption [11, 26]. Then from 0 to 0.34 V / SCE, no peak is observed. From 0.34 V / SCE, an increase in the current in the forward potential scan is observed on the voltammogram [11, 26]. On the cyclic voltammogram recorded with the IrO<sub>2</sub> electrode, a voltammetric charge greater than that of platinum is observed. This result shows the presence of several active sites on the iridium dioxide electrode. The existence of these active sites is due to the presence on the electrode surface of cracks and a few pores.



**Fig. 3.** (a) Cyclic voltammogram recorded on the electrodes in 0.1 M HClO<sub>4</sub> at 10 mV/s; (b) The ratio of voltammetric charges  $|q^*(+)/q^*(-)|$  according to the scan rate

With the IrO<sub>2</sub>-PtO<sub>x</sub> electrode, a voltammetric charge greater than that of PtO<sub>x</sub> and IrO<sub>2</sub> is observed. We also note that the curve is somewhat similar to that of platinum. This voltammogram shows that its surface is composed of platinum oxide and iridium dioxide. The addition of iridium oxide to platinum resulted in an electrode with a high voltammetric charge and therefore high active sites than that of platinum oxide. The voltammogram examen of the IrO<sub>2</sub> electrode (Figure 3a) revealed a quasi-symmetrical appearance in the potential domain explored. Nevertheless, below 0.4 V, there would be an increase in the cathodic current in absolute value in an acidic medium. To better appreciate these observations, the ratio of the voltammetric charges  $q^*(+)/q^*(-)$  was calculated from the measurements carried out in 0.1 M HClO<sub>4</sub> medium for the electrodes prepared and presented in Figure 3b. With the IrO<sub>2</sub> electrode, it can be seen that at low potential scan rates, the cathodic charge is greater than the anodic charge. This result shows that at low potential scan rates, probably irreversible (slow) processes occurring at the electrode were not fully recovered during the anodic scan. However, the cathodic charge is nearly equal to the anode load for all high scan rates [24]. The curve  $q^*(+)/q^*(-) = f(v)$  of the IrO<sub>2</sub>-PtO<sub>x</sub> electrode is identical to that of IrO<sub>2</sub>. With the PtO<sub>x</sub> electrode, the  $q^*(+)/q^*(-)$  ratio is less than 1 regardless of the potential scan rate. This indicates that with this electrode probably irreversible (slow) processes occurring at the electrode and were not fully recovered during the anodic scan.

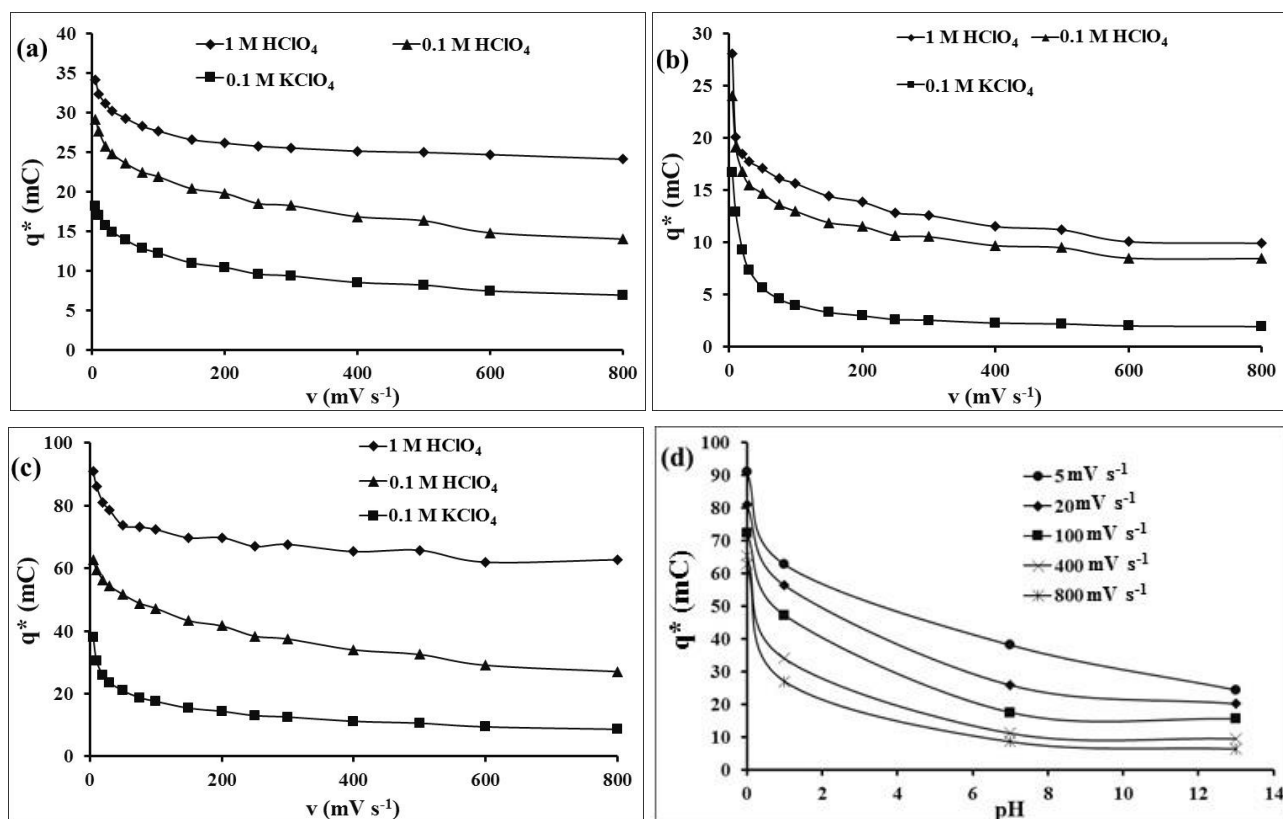
### 3.3 VOLTAMMETRIC CHARGE OF THE ELECTRODES



**Fig. 4.** Voltammograms carried out at different potential scan rates in  $0.1 \text{ M HClO}_4$  on the prepared electrodes

The electrodes were scanned at several potential scan rates from  $-0.25$  to  $1.05 \text{ V / SCE}$ . shows the results obtained. The general shape is always the same, regardless of the potential scan rate. However, for potential scan rates below  $30 \text{ mV / s}$  and above  $150 \text{ mV / s}$ , the appearance of the voltammograms changes significantly. This change is due to the relatively slow phenomena occurring at the electrode surface at low potential scan rates and the uncompensated ohmic drop in solution at high potential scan rates.

The electrochemical activity of the electrodes can be characterized by the voltammetric charge  $q^*$  of the voltammograms between the hydrogen evolution and the oxygen evolution. This charge is obtained by integrating the voltammograms surfaces. This integration between  $-0.25$  and  $1.05 \text{ V / SCE}$  led to the determination of the total charge  $q$  presented as a function of the potential scan rate in figure 5. This figure shows that the voltammetric charge decreases rapidly at low potential scan rate and stabilizes at high potential scan rate regardless of the medium with the three electrodes. The voltammetric charge generally increases with the molar concentration of  $\text{H}^+$ . Figure 5d shows the voltammetric charge of  $\text{IrO}_2\text{-PtO}_x$  electrode as a function of pH at several potential scan rates. This figure shows that the voltammetric charge decreases as the pH increases.



**Fig. 5.** (a-c) Influence of the supporting electrolyte on the voltammetric charge on the prepared electrodes (a: IrO<sub>2</sub>; b: PtO<sub>x</sub>; c: IrO<sub>2</sub>-PtO<sub>x</sub>); (d) Influence of the pH on the voltammetric charge at different potential scan rates

For all the electrodes, we notice a decrease in voltammetric charge as the scan rate increases. From 100 mV/s, this charge seems stable. The IrO<sub>2</sub>-PtO<sub>x</sub> electrode shows higher values of the voltammetric charge ( $q$ ) than that observed for IrO<sub>2</sub> and PtO<sub>x</sub> (Figure 6). This suggests an increase in the electroactive surface area promoted by the coupling of platinum oxide and iridium dioxide. On the other hand, with the PtO<sub>x</sub> anode, the values of the voltammetric charge ( $q^*$ ) are the lowest for a given potential scan rate.

At low potential scan rates, electrolyte penetrates through the pores of the deposit. The internal and external surfaces therefore become accessible. At high potential scan rates, only the external (geometric) surface is concerned.

To explain the behavior of the electrode in different media, we will use the approach proposed by Trasatti et al. [27, 28]. This approach is based on accessibility to electrode active sites. As the potential scan rate increases, the observed decrease in voltammetric charge is explained by the exclusion of the inner part of the electrode. This exclusion is due to the slow diffusion of protons at through the porous structure of the electrode, the voltammetric charge is therefore attributed to the surface redox couples according to faradic reactions [19, 29].

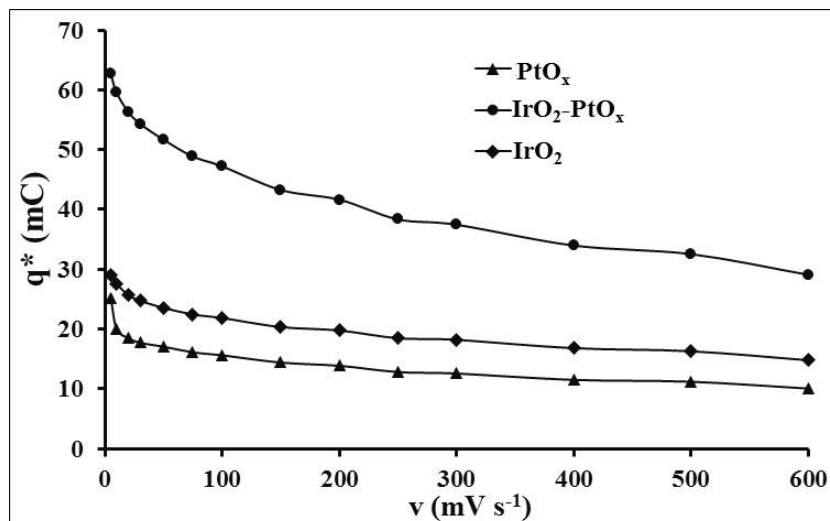


Fig. 6. Evolution of the voltammetric charge as a function of the potential scan rate of the electrodes prepared in 0.1 M HClO<sub>4</sub> medium

The values of voltammetric charges at extreme scan rate ( $v = 0$  and  $v = \infty$ ) are useful for understanding the mechanism of charge storage. Thus, the external charge of the electrode will be determined based on the model of Trasatti et al. [27, 28], equation 1 will allow the determination of the electrode external charge.

$$q^*(v) = q_{\text{ext}} + k_1 v^{-1/2} \quad (1)$$

With  $k_1$ : constant;  $v$ : potential scan rate;  $q(v)$ : measured voltammetric charge;  $q_{\text{ext}}(v)$ : external voltammetric charge (surface).

According to equation 1,  $q^*(v) = f(v^{-1/2})$  is an affine line. For an infinite scan rate corresponding to the extreme (largest) value of the potential scan rate,  $q^*(v) = q_{\text{ext}}$  is the ordinate at the origin. To obtain the internal load, Trasatti and collaborators proposed another relationship.

$$\frac{1}{q^*(v)} = \frac{1}{q_{\text{tot}}} + k_2 v^{1/2} \quad (2)$$

With  $k_2$ : constant;  $v$ : potential scan rate;  $q^*(v)$ : measured voltammetric charge;  $q_{\text{tot}}^*(v)$ : total voltammetric charge (surface + internal).

According to equation 2,  $\frac{1}{q^*(v)} = f(v^{1/2})$  is a line representative of an affine function. For a scan rate corresponding to the zero potential scan rate (lower extreme)  $\frac{1}{q^*(v)} = \frac{1}{q_{\text{tot}}}$  is the ordinate at the origin. Only the points which result from the high potential scan rates (50 mV / s to 250 mV / s) are used for the determination of the external charge [30]. On the other hand, the points corresponding to the low scan rate (from 5 mV / s to 30 mV / s) are used for the determination of the total charge [30].

From the measurements carried out, Figures 7a and 7b made it possible to determine the external and total charges of the IrO<sub>2</sub>-PtO<sub>x</sub> anode in 0.1 M HClO<sub>4</sub> medium. Thus, the external and total charges of the three electrodes were determined in different mediums. The results obtained are recorded in These values also made it possible to determine the internal charges and the porosity of the electrodes ( $\phi = q_{\text{int}}^* / q_{\text{tot}}^*$ ).

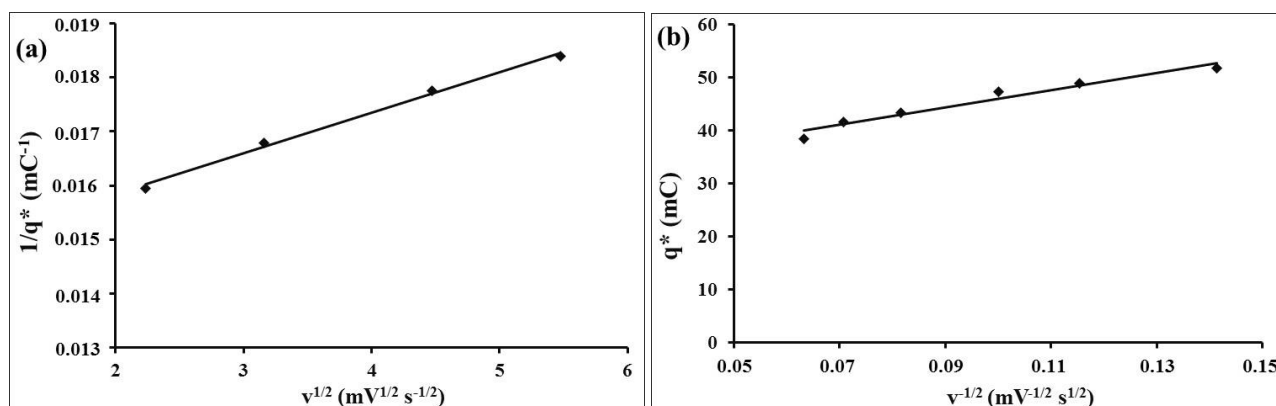


Fig. 7. Extrapolation curves for the determination of the total charge (a) and the external charge (b) in 0.1 M HClO<sub>4</sub>, WE: IrO<sub>2</sub>-PtO<sub>x</sub>

The analysis of shows that the charge ratio  $q^*_{\text{int}} / q^*_{\text{tot}}$  is different from zero for all the electrodes and in all the solutions studied. This shows that the surface of the deposit is porous and rough. With the PtO<sub>x</sub> electrode,  $\phi$  shows the highest values. For high values of  $\phi$ , the internal charge and therefore the internal surface of the pores which contributes to the total charge is important. In other words, at high  $\phi$ , the number of internal active sites of the electrode which participate in the total charge is high because although the size of the pores decreases, the electrolyte manages to diffuse through these pores and consequently allows reactions between the ionic species of the electrolyte with the internal surface of the deposit. With IrO<sub>2</sub> and IrO<sub>2</sub>-PtO<sub>x</sub>, we have almost identical values of  $\phi$  for a given electrolyte.

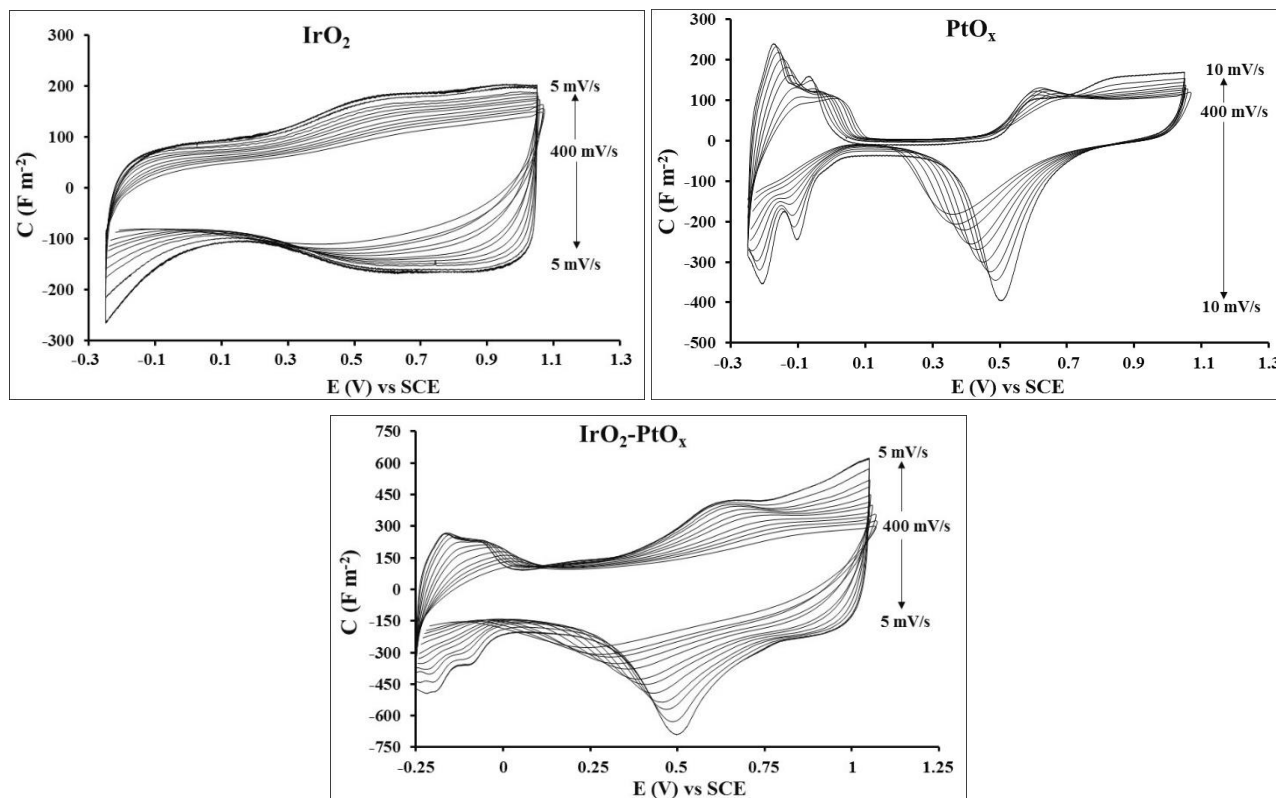
In the KClO<sub>4</sub> and KOH medium, the porosity value remains high for all the electrodes. From these observations, it is possible to think that the surface redox processes, the proton concentration, the composition of the deposit, influence the capacitive phenomena. In fact, in the absence of free protons, the solution diffuses inside the pores of the deposit regardless of its composition and suggests that all the electrodes have a large number of internal active sites. Whereas the behavior of the electrode changes when the medium is strongly acidic. In these media, surface reactions influence capacitive phenomena.

Tableau 1. Extrapolated values of charges for electrodes prepared in different media

|                         | Electrodes              | IrO <sub>2</sub> | PtO <sub>x</sub> -IrO <sub>2</sub> | PtO <sub>x</sub> |
|-------------------------|-------------------------|------------------|------------------------------------|------------------|
| 1 M HClO <sub>4</sub>   | $q^*_{\text{tot}}$ (mC) | 37.04            | 102.04                             | 46.30            |
|                         | $q^*_{\text{ext}}$ (mC) | 22.86            | 63.40                              | 7.77             |
|                         | $q^*_{\text{int}}$ (mC) | 14.18            | 38.64                              | 38.53            |
|                         | $\phi$                  | 0.38             | 0.38                               | 0.83             |
| 0.1 M HClO <sub>4</sub> | $q^*_{\text{tot}}$ (mC) | 33.00            | 69.93                              | 31.95            |
|                         | $q^*_{\text{ext}}$ (mC) | 15.15            | 29.55                              | 10.04            |
|                         | $q^*_{\text{int}}$ (mC) | 17.85            | 40.38                              | 21.91            |
|                         | $\phi$                  | 0.54             | 0.58                               | 0.69             |
| 0.1 M KClO <sub>4</sub> | $q^*_{\text{tot}}$ (mC) | 21.19            | 61.73                              | 19.50            |
|                         | $q^*_{\text{ext}}$ (mC) | 6.50             | 7.07                               | 0.30             |
|                         | $q^*_{\text{int}}$ (mC) | 14.69            | 54.66                              | 19.20            |
|                         | $\phi$                  | 0.69             | 0.88                               | 0.98             |

### 3.4 CAPACITANCE

From the curves  $i = f(E)$  the capacitances were determined by normalizing the current by the potential scan rate and by the geometric surface. shows the results obtained. By normalizing the current by the potential scan rate and the geometric surface of the electrode, the capacitive effect is highlighted. This makes it possible to better compare the voltammograms at the different potential scan rates. The normalized curves show that the capacitance is not constant throughout the potential domain explored. It depends on the potential and is influenced by surface processes or reactions, namely surface redox reactions and reactions between surface and species in solution.



**Fig. 8. Capacitance curves as a function of potential in 0.1 M HClO<sub>4</sub> medium**

To eliminate surface redox phenomena, an approach using capacitance (current normalized to the potential scan rate) will be used [31]. This consists in choosing on the curve  $i = f(E)$  potentials in the domain where no faradic reaction occurs.

Thus, it is possible, by reasoning as did Trasatti et al [32]., to deduce that the curvature of the graph would be linked to the non-participation of part of the total surface of the electrode to surface processes, that which is found in the pores, when the potential scan rate becomes high. For high potential scan rate, access of the electrolyte to these internal pore surfaces is difficult.

By defining capacitance by the relation of Trasatti et al [32].:

$$C_d = \left( \frac{dj_c}{dv} \right)_E \quad (3)$$

It appears that for low values of the potential scan rate:

$$j_c = C_{dv} \quad (4)$$

and for high values of the potential scan rate:

$$j_c = j_{c,o} + C_{dv} \quad (5)$$

Where  $j_{c,o}$  is the value extrapolated to  $v = 0$  of the capacitive current which would make it possible to determine the value of the capacitance at this scan rate.

The total capacitive current ( $i_{ctot}$ ) is the sum of the capacitive currents flowing on the surface and inside (pores) of the electrode;

$$j_{ctot} = j_{c,int} + j_{c,ext} \quad (6)$$



Where  $j_{c, \text{int}}$  and  $j_{c, \text{ext}}$  are the voltammetric current densities referring to internal and external surface regions of the oxide, respectively. Consequently, by applying to eq. 7 the definition represented by eq. 3, the following interfacial capacitances can be obtained [31]:

$$C_{\text{tot}} = C_{\text{int}} + C_{\text{ext}} \quad (7)$$

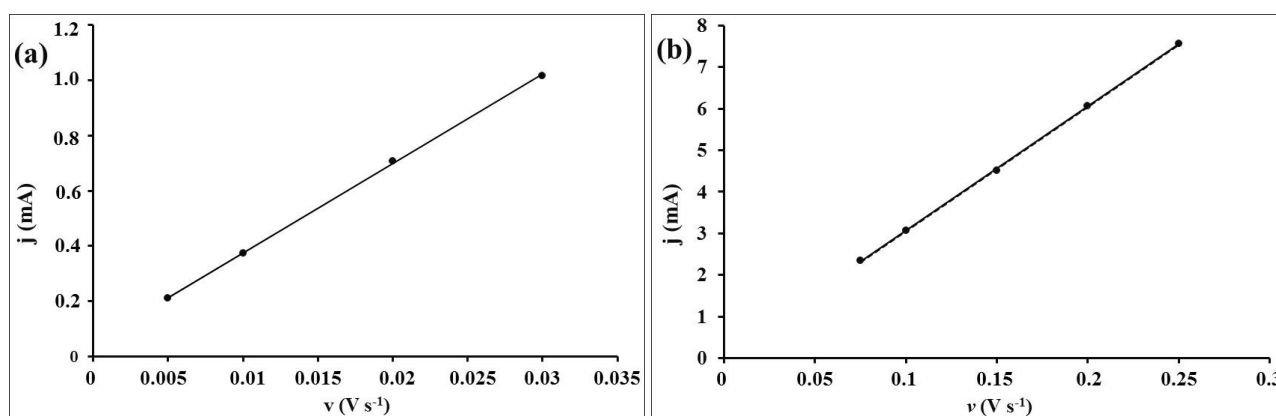
Where,  $C_{\text{tot}}$  and  $C_{\text{int}}$  are the total, internal, and external differential capacitances, respectively.

Inspired by the electrochemical porosity concept proposed in the literature [28, 31, 33] defined the morphology factor ( $\phi$ ) as an intensive parameter to describe the contribution of the inner surface regions of the oxide layer to the voltammetric response:

$$\phi = \frac{C_{\text{int}}}{C_{\text{tot}}} \quad (8)$$

From our hypothesis, this factor would not be influenced by surface redox processes due to the judicious choice of potential. The exploration of capacitive currents in this area led to the curves in

The values of the capacitances were determined at  $E = 0.15 \text{ V} / \text{SCE}$  in different support electrolytes because the value of the porosity factor is practically constant around this potential. This potential lies in the double layer domain. The results obtained are presented in



**Fig. 9.** Curve  $i = f(v)$  for  $E = 0.4 \text{ V} / \text{SCE}$ ; (a): at low scan rates; (b): at high scan rates on IrO<sub>2</sub>-PtO<sub>x</sub> in 0.1 M HClO<sub>4</sub>

**Tableau 2.** Capacitance values for electrodes prepared in different media at  $E = 0.15 \text{ V}$

|                         | Electrodes                             | IrO <sub>2</sub> | PtO <sub>x</sub> -IrO <sub>2</sub> | PtO <sub>x</sub> |
|-------------------------|----------------------------------------|------------------|------------------------------------|------------------|
| 1 M HClO <sub>4</sub>   | $C_{\text{tot}}$ (mF)                  | 19.2             | 34.0                               | 22.0             |
|                         | $C_{\text{ext}}$ (mF)                  | 15.9             | 27.9                               | 13.6             |
|                         | $C_{\text{int}}$ (mF)                  | 3.3              | 6.1                                | 8.4              |
|                         | $\phi = C_{\text{int}}/C_{\text{tot}}$ | 0.17             | 0.18                               | 0.38             |
| 0.1 M HClO <sub>4</sub> | $C_{\text{tot}}$ (mF)                  | 16.0             | 22.0                               | 14.1             |
|                         | $C_{\text{ext}}$ (mF)                  | 3.0              | 17.6                               | 7.8              |
|                         | $C_{\text{int}}$ (mF)                  | 1.3              | 4.4                                | 6.3              |
|                         | $\phi = C_{\text{int}}/C_{\text{tot}}$ | 0.19             | 0.20                               | 0.45             |
| 0.1 M KClO <sub>4</sub> | $C_{\text{tot}}$ (mF)                  | 5.2              | 15.3                               | 4.1              |
|                         | $C_{\text{ext}}$ (mF)                  | 3.8              | 9.8                                | 1.5              |
|                         | $C_{\text{int}}$ (mF)                  | 1.4              | 5.5                                | 2.6              |
|                         | $\phi = C_{\text{int}}/C_{\text{tot}}$ | 0.27             | 0.36                               | 0.63             |

This study was carried out at a potential of 0.15 V / SCE because at this value, whatever the medium and whatever the composition of the deposit, we are in the double layer domain, a domain exempt from the processes surface redox where the electrode / electrolyte interface appears as a pure capacitor.

It can be seen that in the different media, the internal capacitance is lower than the external capacitance for each electrode. It is also noted that the values of the porosity or morphological factor  $\phi$  are different from zero. The analysis in generally shows that the porosity factor  $\phi$  increases with decreasing proton concentration. It is almost constant with the composition of the deposit for each medium. This result corroborates the results previously discussed with the total charge ( $q$ ) of the electrode. The evolution of  $\phi$  in shows that the interfacial processes are complex. Using 0.15 V / SCE, the measurements show that surface redox processes also occur. Nevertheless, at this value, it is possible to approximate the true morphology of the electrode which shows that the prepared deposits tend to form a compact surface of the prepared electrodes.

It emerges from this study that the processes which take place at the electrode / electrolyte interface are complex and depend on several factors including the composition of the deposit, the proton concentration, etc. The determination of  $\phi$  with the capacitive charges ( $q$ ) shows that this approach does not allow to have a clear idea of the morphology of the electrode because it is greatly influenced by surface redox phenomena and resistive phenomena. While the determination of  $\phi$  from the capacitances, choosing the appropriate potential gives a good idea of the texture of the deposit. However, in the double-layer domain where the 0.15 V / SCE potential has been chosen, even low-intensity surface redox processes occur.

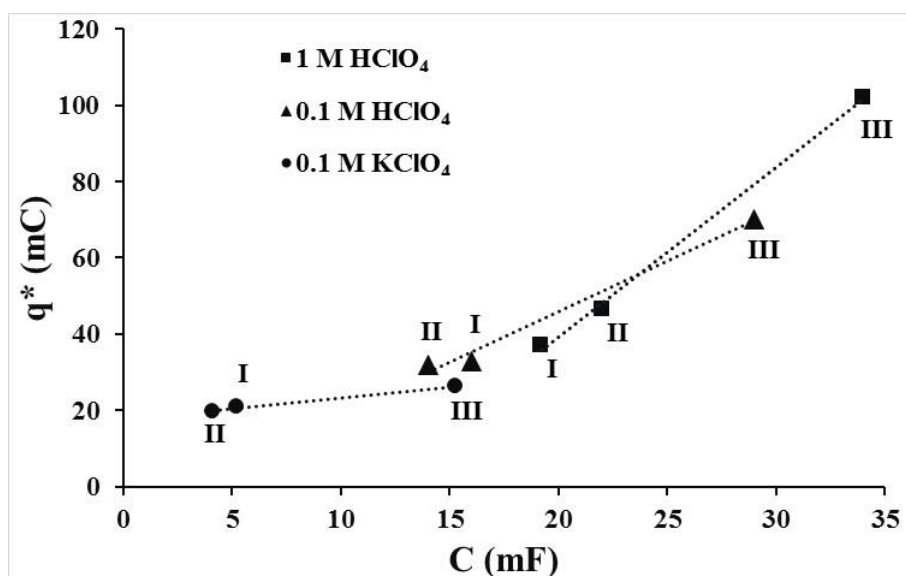


Fig. 10. Linear correlation between the extensive ( $C_{tot}$  and  $q^*_{tot}$ ) surface parameters obtained for IrO<sub>2</sub> (I), PtO<sub>x</sub> (II) and IrO<sub>2</sub>-PtO<sub>x</sub> (III) electrodes

shows the linear correlations between the ranges ( $C_{tot}$  and  $q^*_{tot}$ ) in 1 M HClO<sub>4</sub>, 0.1 M HClO<sub>4</sub> and 0.1 M KClO<sub>4</sub> medium. According to these results, there is a good correlation between the different methodologies proposed by Trasatti et al [17]. and by Da Silva et al [31]. Overall, the data presented in suggests that  $C_{tot}$  and  $q^*_{tot}$  can be used to represent the extension of the electrochemically active surface.

#### 4 CONCLUSION

The physical and electrochemical characterizations carried out showed the presence of deposits on the surface of the electrodes. The surface of the prepared electrodes is porous and rough.

The study showed that the voltammetric charge is high at low scan rates than at high scan rates. It decreases rapidly at low potential scan rates and stabilizes at high potential scan rates regardless of the medium with the three electrodes. At low potential scan rates, electrolyte penetrates through the pores of the deposit. The internal and external surfaces therefore become accessible. At high potential scanning speeds, only the external (geometric) surface is concerned. The voltammetric

load generally decreases as the pH increases. Note that the increasing order of the voltammetric charges of our electrodes prepared regardless of the electrolytic solution is: PtO<sub>x</sub> < IrO<sub>2</sub> < IrO<sub>2</sub>-PtO<sub>x</sub>

In the absence of free protons, the solution diffuses inside the pores of the deposit regardless of its composition and suggests that all the electrodes have a large number of internal active sites. It emerges from this study that the processes which take place at the electrode / electrolyte interface are complex and depend on several factors including the composition of the deposit, the proton concentration, etc. The linear correlations between  $C_{\text{tot}}$  and  $q_{\text{tot}}$  show that they can be used to represent the extension of the electrochemically active surface.

## REFERENCES

- [1] F.T.A. Appia, C.Q.-M. Gnamba, O. Kambiré, M. Berté, S.P. Sadia, I. Sanogo and L. Ouattara, "Electrochemical Oxidation of Amoxicillin in Its Commercial Formulation on Thermally Prepared RuO<sub>2</sub>/Ti," *J. Electrochem. Sci. Technol.*, vol. 7, no.1, pp. 82-89, 2016.
- [2] A.L.G. Pohan, L. Ouattara, K.H. Kondro, O. Kambiré and A. Trokourey, "Electrochemical Treatment of the Wastewaters of Abidjan on Thermally Prepared Platinum Modified Metal Oxides Electrodes," *European Journal of Scientific Research*, vol. 94, no. 1, pp. 96-108, 2013.
- [3] C. Comninellis, "Electrocatalysis in the electrochemical conversion/combustion of organic pollutants for waste water treatment," *Electrochim. Acta.*, vol. 39, pp. 1857-1862, 1994.
- [4] L.D. Burke and R.A. Scannell, "The effect of UV light on the hydrous oxides of iridium," *Journal of Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry*, vol. 257, no. 1-2, pp. 101-121, 1988.
- [5] De Oliveira-Sousa, M.A.S. Da Silva, S.A.S. Machado, L.A. Avaca and P. De Lima-Neto, "Influence of the Preparation Method on the Morphological and Electrochemical Properties of Ti/IrO<sub>2</sub>-Coated Electrodes," *Electrochimica Acta*, vol. 45, pp 4467-4473, 2000.
- [6] M. V. T. Kortenaar; J. F. Vente; D. J. W. Ijdo; S. Müller and R. Kötz, "Oxygen evolution and reduction on iridium oxide compounds," *Journal of Power Sources*, vol. 56, no. 1, pp. 51-60, 1995.
- [7] L.D. Burke and E.J.M. O'Sullivan, "Oxygen gas evolution on hydrous oxides-An example of three-dimensional electrocatalysis," *Journal of Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry*, vol. 117, no. 1, pp. 155-160, 1981.
- [8] Goyal and V.C. Srivastava, "Treatment of highly acidic wastewater containing high energetic compounds using dimensionally stable anode," *Chemical Engineering Journal*, vol. 325, 289-299, 2017.
- [9] D.-Y. Kuo, J.K. Kawasaki, J.N. Nelson, J. Kloppenburg, G. Hautier, K.M. Shen and J. Suntivich, "Influence of Surface Adsorption on the Oxygen Evolution Reaction on IrO<sub>2</sub> (110)," *Journal of the American Chemical Society*, vol. 139, no. 9, pp. 3473- 3479, 2017.
- [10] J. Lim, S.S. Jeon, C.-W. Roh, J. Choi, D. Yoon, M. Park, H. Jung and H. Lee, "Ultrathin IrO<sub>2</sub> Nanoneedles for Electrochemical Water Oxidation," *Adv. Funct. Mater.*, vol. 28, pp. 1704796, 2018.
- [11] O. Kambire, L.A.G. Pohan, F.T.A. Appia, C.Q.-M. Gnamba, K.H. Kondro and L. Ouattara, "Influence of various metallic oxides on the kinetic of the oxygen evolution reaction on platinum electrodes," *J. Electrochem. Sci. Eng.*, vol. 5, no.2, pp.79-91, 2015.
- [12] O. Kambiré, L.A.G. Pohan, K.H. Kondro and L. Ouattara, "Study of oxygen evolution reaction on thermally prepared xPtO<sub>y</sub>-(100-x) IrO<sub>2</sub> electrodes," *J. Electrochem. Sci. Eng.*, vol. 10, no. 4, pp. 347-360, 2020.
- [13] B. E. Conway, "Electrochemical Supercapacitors," *Scientific Fundamentals and Technological Applications*. ISBN 978-1-4757-3058-6, 1999.
- [14] S. Trasatti, "Physical electrochemistry of ceramic oxides," *Electrochimica Acta.*, vol. 36, no. 2, 225-241, 1991.
- [15] Y. Takasu and Y. Murakami, "Design of Oxide Electrodes with Large Surface Area," *Electrochimica Acta.*, vol. 45, no. 25-26, pp. 4135-4141, 2000.
- [16] C. Angelinetta, S. Trasatti, L.D. Atanososka and R.T. Atanasoski, "Surface properties of RuO<sub>2</sub> + IrO<sub>2</sub> mixed oxide electrodes," *Journal of Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry*, vol. 214, no. 1-2, pp. 535-546, 1986.
- [17] S. Ardizzone, G. Fregonara and S. Trasatti, "'Inner' and 'outer' active surface of RuO<sub>2</sub> electrodes," *Electrochim. Acta.*, vol. 35, pp. 263-267, 1990.
- [18] W. Sugimoto, T. Kizaki, K. Yokoshima, Y. Murakami and Y. Takasu, "Evaluation of the Pseudocapacitance in RuO<sub>2</sub> with a RuO<sub>2</sub>/GC thin Film Electrode," *Electrochimica Acta.*, vol. 49, no. 2, pp. 313-320, 2004.
- [19] S. Fierro, L. Ouattara, E.H. Calderon and C. Comninellis, "Influence of temperature on the charging/discharging process of IrO<sub>2</sub> coating deposited on p-Si substrate," *Electrochemistry Communications*, vol. 10, pp. 955-959, 2008.

- [20] K.W. Kim, E.H. Lee, J.S. Kim, K.H. Shin and B.I. Jung, "A study on performance improvement of Ir oxide-coated titanium electrode for organic destruction," *Electrochimica Acta*, vol. 47, no. 15, pp. 2525-2531, 2002.
- [21] O. Simond and C. Comninellis, "Anodic oxidation of organics on Ti/IrO<sub>2</sub> anodes using Nafion® as electrolyte," *Electrochimica Acta*, vol. 42, no. 13-14, pp. 2013-2018, 1997.
- [22] L.A.G. Pohan and L. Ouattara, "Electrochemical behaviour in a slightly heated acidic supporting electrolyte of the thermally prepared bulk iridium dioxide electrode," *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, vol. 19, pp. 12 – 25, 2012.
- [23] L.A.G. Pohan, O. Kambiré, M. Berté and L. Ouattara, "Study of lifetime of Platinum Modified Metal Oxides Electrodes," *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 14, no. 4, pp 1479-1488, 2020.
- [24] O. Kambiré, L.A.G. Pohan, S.P. Sadia, K.E. Kouadio and L. Ouattara, "Voltammetric study of formic acid oxidation via active chlorine on IrO<sub>2</sub>/Ti and RuO<sub>2</sub>/Ti electrodes," *Mediterranean Journal of Chemistry*, vol. 10, no. 8, pp. 799-808, 2020.
- [25] K.H. Kondro, L. Ouattara, A. Trokourey and Y. Bokra, "Investigation of the electrochemical behaviour of thermally prepared Pt-IrO<sub>2</sub> electrodes," *Bull. Chem. Soc. Ethiop.*, vol. 22, no. 1, pp. 125-134, 2008.
- [26] O. Kambiré, L.A.G. Pohan, F.T.A. Appia and L. Ouattara, "Anodic Oxidation of Chlorides on Platinum Modified by Metallic Oxides," *Int. J. Pure Appl. Sci. Technol.*, vol. 27, no. 1, pp. 27-43, 2015.
- [27] D. Baronetto, N. Krstajic and S. Trasatti, "Reply to "note on a method to interrelate inner and outer electrode areas" by H. Vogt," *Electrochim. Acta*, vol. 39, pp. 2359-2362, 1994.
- [28] G. Spinolo, S. Ardizzone and S. Trasatti, "Surface characterization of Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub> electrodes prepared by the sol-gel method," *J. Electroanal. Chem.*, vol. 423, pp. 49-57, 1997.
- [29] S. Trasatti and G. Buzzanca, "Ruthenium dioxide: a new interesting electrode material. Solid state structure and electrochemical behavior," *J. electroanal. Chem.*, vol. 29, pp 1-5, 1971.
- [30] H. Vogt, "Note on a method to interrelate inner and outer electrode areas," *Electrochimica Acta*, vol. 39, pp. 1981-1983, 1994.
- [31] L.M. Da Silva, L. A. De Faria and J. F. C. Boodts, "Determination of the morphology factor of oxide layers," *Electrochim. Acta*, vol. 47, pp. 395-403, 2001.
- [32] S. Trasatti and O.A. Petrii, "Real surface area measurements in electrochemistry," *J. Electroanal. Chem.*, vol. 327, pp. 353-376, 1992.
- [33] C.P. De Pauli and S. Trasatti, "Electrochemical surface characterization of IrO<sub>2</sub> + SnO<sub>2</sub> mixed oxide electrocatalysts," *J. Electroanal. Chem.*, vol. 396, pp. 161-168, 1995.

