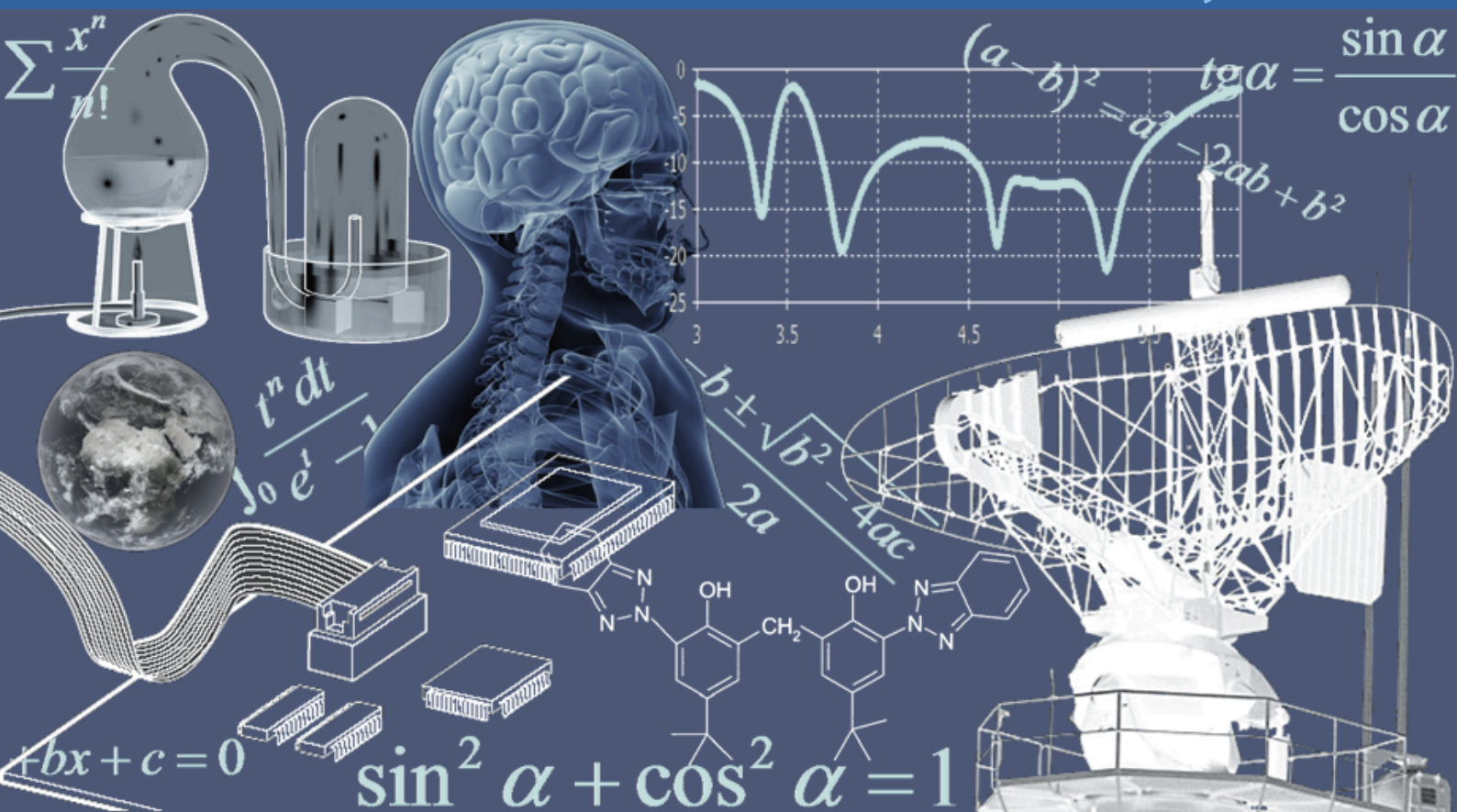


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 42 N. 4 June 2024



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 Kavroudakakis, 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

Rendimiento y Valor Nutricional de Híbridos de Maíz para Ensilado en la Región de Valles Altos del Centro de México	555-563
<i><u>Ma. del Rosario Tovar Gómez, Claudia Pérez Mendoza, Alfonso Peña Ramos, José Luis Arellano Vázquez, María Magdalena Crosby Galván, Arturo Daniel Terrón Ibarra, and Ernesto Ricardo Preciado Ortiz</u></i>	
An analytical solution of a problem of a tubular structure which is subjected to an expansion following the axis	564-571
<i><u>Edouard Diouf, Jérémie Gaston Sambou, and Alioune Ba</u></i>	
Inventaire floristique des trois îlots forestiers naturels dans la chefferie Pelende Nord, Province du Kwango en République Démocratique du Congo (RDC)	572-584
<i><u>Ruffin Nsielolo Kitoko, Jean LEJOLY, Beaufils Futabaku Muniputu, Elie Ikomba Ndonga, Théophane Munkeralengi Kitoko, and Henri Paul Eloma Ikoleki</u></i>	
KIMVULA: Un espace sous-développé à l'Est de la province du Kongo Central (République Démocratique du Congo)	585-593
<i><u>Marie Honorine Lugangu, Félicien Lukoki, Alexis Vuni Simbu, Bifubiambote Salambuaku Giresse, and Jules ALONI KOMANDA</u></i>	
Diversité d'usage de <i>Striga Hermonthica</i> au Niger	594-605
<i><u>Saidou Sabo Salamatou, Boubacar Kountché, Harouna Issa Amadou, Moussa Soulé, Adamou Maman Laouali, Hamani Noma Abdoul Latif, and Bakasso Yacoubou</u></i>	
Modélisation hydrodynamique DELFT3D des courants de marée de la plage sous-marine du littoral sud-ouest de la Côte d'Ivoire	606-631
<i><u>N'Guessan Eric Yao, Konan Roger Assie, and Josias Boanerges Nonghe</u></i>	
Effect of Plant Population on Cowpea (<i>Vigna unguiculata</i> L. Walp.) Growth Characters, Grain and Fodder Yield in Soudanian and Soudano-Sahelian Zones of Burkina Faso	632-641
<i><u>Soumabéré Coulibaly, Muhammad Auwal Hussaini, Benoît-Joseph Batiéno, Shehu Usman Yahaya, and Idriss Sermé</u></i>	
Rôle de l'adénosine désaminase dans le diagnostic de la tuberculose pleurale	642-646
<i><u>Hanane Charaf, Bouchra Daher, Mouna Soualhi, Rachida Zahraoui, and Jamal Eddine Bourkadi</u></i>	
Impact des réseaux sociaux dans le milieu de l'enseignement supérieur et universitaire en République Démocratique du Congo, province du Kongo Central dans le territoire de Tshela	647-655
<i><u>Lusiku Muabi Grace, Kumbu Matalanga Alphonse, Menga Mbambi Fidèle, and Tshimpolo Tshitokongo Samuel</u></i>	
Contrôle de qualité de la numération leucocytaire dans quelques formations médicales de références de l'ex-cité de Tshela: Cas de l'HGR/Pandji, centre de santé de Référence MIMVANZA et Centre Hospitalier Kilayika	656-662
<i><u>Litoba Molombe J. Robert, Mpia Nsele Jules, Phaka Phaka André, and Makaya Malonda Jérémie</u></i>	
Next generation sequencing in detecting Oral Cancer Due to Tobacco Consumption	663-675
<i><u>Quang-Trung Nguyen, Deepak T.A., Suchindra Suchindra, and Avinash Tejasvi</u></i>	
Les principales représentations initiales-obstacles en cinématique chez les élèves de 4ème scientifique à Inkisi et à Kimpese en RD-Congo	676-686
<i><u>BAZANGIKA MUSUNDA Wa SADI Rama, MBUNDU NDOKI Tade-Étienne, NGOIE MPOY Ruffin-Benoît, and Kinyoka Kabalumuna God'El</u></i>	
Caractérisation et tendance du climat dans la région du Centre-Ouest du Burkina Faso	687-695
<i><u>Mahamadi Zoundi, Abdoul Aziz SAMPEBGO, Joachim Bonkungou, Yamba Boubacar, and Yahaya DIENE</u></i>	
ANALYSIS OF THE PERFORMANCE OF BURKINA FASO NATIONAL FOOTBALL TEAM DURING THE LAST THREE EDITIONS OF AFRICAN FOOTBALL CUP OF NATIONS (2015, 2017, 2019)	696-704
<i><u>Iloubo SALFO, Songuifolo YEO, Ouambi ZONGO, Flore SONGNABA, and Nadine HASHAR-NOE</u></i>	
PSYCHOLOGICAL WELL-BEING OF TRAINEE TEACHERS OF INJEPS PROFESSIONAL MASTER'S DEGREE AT WORK	705-712
<i><u>Adolphe AHONNON, NOUTAI Blaise, ABRAHAM Florence, OUSSOU Vidjannagni, and KIKI Armelle Zélie Imeilda</u></i>	
Recherche de la protéine - C - réactive chez les femmes enceintes en consultation prénatale « CPN »: Cas de l'Hôpital Général de Référence de Kangu), Zone de Santé Rurale de Kangu, Territoire de Lukula, Province du Kongo Central en République Démocratique du Congo de Juillet au Novembre 2022	713-718
<i><u>Nzau Mbadu Don José</u></i>	

Epidémiologie des infections néonatales précoces à l'hôpital général de référence de Bunia, province de l'Ituri, au nord-est de la République Démocratique du Congo	719-725
<i><u>LOKAZO LONU Deogratias, Amuda Baba Dieu Merci, and KAMUHANDA BIUGASAKI Jacob</u></i>	
Intra-tree variability and quality of small-diameter trees from Ivorian secondary forests: The case of <i>Mansonia altissima</i>	726-733
<i><u>Thomas Digbe, B.F. Niamké, B.A. Bley-Atse, J.L.L. N'GUESSAN, F. Adjé, N.J.C. Yao, D.K. René, A.N. Armand, A. Kouabenan, T. Fabrice, A.A. Augustin, and N. Amussant</u></i>	
Etude minéralogique, pétrographique et évaluation du potentiel de la rivière Lukula au sein du territoire de Lukula dans la province du Kongo Central de la République Démocratique du Congo	734-747
<i><u>Kaluma Mabaya Souhait, Diazo Ishiyama, Mabila Luamba Maurice, Puati Puati Daddy, Okondo Nkoso Michel, Logro Sapa Richard, Anthony Lubanzadio Sevuanga, Pingany Sabua Shoupat, Kabongo Chadrack, and Njimba Bernardino Natália Helena</u></i>	
L'impact des déterminants de la mobilité professionnelle des salariés sur la performance organisationnelle dans une entreprise	748-758
<i><u>BANGIMINA KABEMBA Alpha</u></i>	

Rendimiento y Valor Nutricional de Híbridos de Maíz para Ensilado en la Región de Valles Altos del Centro de México

[Yield and Nutritional Value of maize hybrids for silage in the Highlands Valleys Region of Central México]

Ma. del Rosario Tovar Gómez¹, Claudia Pérez Mendoza², Alfonso Peña Ramos³, José Luis Arellano Vázquez⁴, María Magdalena Crosby Galván⁵, Arturo Daniel Terrón Ibarra⁵, and Ernesto Ricardo Preciado Ortiz⁶

¹Programa de Forrajes, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Valle de México, Coatlinchán, Texcoco, Estado de México, Mexico

²Programa de Recursos Genéticos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Valle de México, Coatlinchán, Texcoco, Estado de México, Mexico

³Programa de Mejoramiento Genético de Maíz, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Pabellón, Kilómetro 32.5 Carretera Aguascalientes–Zacatecas, Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, Mexico

⁴Programa de Mejoramiento Genético de Maíz, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Valle de México, Coatlinchán, Texcoco, Estado de México, Mexico

⁵Programa de Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Montecillo, Texcoco, Estado de México, Mexico

⁶Programa de Mejoramiento Genético de Maíz, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental Bajío, Carretera Celaya San Miguel Allende Km, 6.5 Celaya, Guanajuato, Mexico

Copyright © 2024 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: Parameter identification for further utilization as selection criteria to generate new forage maize cultivars is of the utmost importance in the breeding programs. The objective of this study was to evaluate the agronomic characteristics, yield, and nutritional value of experimental maize hybrids with forage potential in the Central Highlands of Mexico. The experiment was conducted in Texcoco, State of Mexico. Treatments consisted of 11 maize cultivars planted in irrigated conditions and allocated in randomized complete block design with three replications. Results indicated differences ($P < 0.0001$) for most variables. Earliness varied from 84 to 109 days, and plant height from 190 to 282.9 cm. In addition, cultivars with Tropical and subtropical germplasm showed an increasing incidence of common rust from 8.3 to 92%. The yield of green forage varied from 37.1 to 80 t ha⁻¹, while the yield of dry matter was from 12.8 to 24.8 t ha⁻¹. In conclusion, the productive potential of hybrids with Tropical germplasm is limited due to their susceptibility to rust. In contrast, hybrids with germplasm from the Highlands showed an outstanding performance. These hybrids were V-107, H157-E, H-161, and H-166E.

KEYWORDS: germplasm, genetic improvement, cultivars, forage, *in vitro* digestibility.

RESUMEN: En los programas de mejoramiento genético de maíz, es de gran relevancia la identificación de los parámetros principales que puedan ser utilizados como criterios de selección para la generación de nuevos cultivares de maíz para forraje. El objetivo del presente estudio fue evaluar las características agronómicas, el rendimiento y el valor nutricional de híbridos experimentales de maíz con potencial forrajero en la Región de los Valles Altos de la Mesa Central de México. El experimento se estableció bajo riego en Texcoco, Estado de México y se utilizaron 11 cultivares, el diseño experimental fue bloques completos al azar con tres repeticiones. Los resultados obtenidos

en el estudio indicaron diferencias significativas ($P < 0.0001$) en la mayoría de las variables evaluadas. La precocidad varió de 84 a 109 días y la altura de planta osciló de 190 a 282.9 cm. Asimismo, se observó, que los cultivares con germoplasma Subtropical y Tropical, mostraron las mayores incidencias a la roya común de 8.3 a 92%. El rendimiento de forraje verde osciló de 37.1 a 80 t ha⁻¹ mientras que el rendimiento de materia seca presentó valores de 12.8 a 24.8 t ha⁻¹ entre los cultivares evaluados. Se concluye que los híbridos integrados con germoplasma Tropical presentaron alta susceptibilidad a la roya común debido a ello, redujeron su potencial productivo, mientras que los cultivares de maíz integrados con germoplasma Valles Altos y Templados que resultaron sobresalientes en este estudio fueron: V-107, H-157E, H-161 y H-165E.

PALABRAS-CLAVE: germoplasma, mejoramiento genético, cultivares, forraje, digestibilidad *in vitro*.

1 INTRODUCCIÓN

En México el maíz para forraje conservado como ensilado es un alimento energético esencial en las dietas de los animales rumiantes, principalmente en el ganado productor de leche y en menor escala, en el de producción de carne. A nivel nacional, la superficie sembrada de maíz forrajero se ha incrementado del 2018 al 2021 en 8.06% y la producción en más de un millón setecientas toneladas esto es debido, a una mayor demanda de forraje de maíz en las explotaciones productoras de leche. En México en el año 2021, se sembraron alrededor de 189 mil hectáreas bajo riego y 407 mil hectáreas bajo temporal y se cosecharon alrededor de 16 millones de toneladas de forraje verde [1].

En México, ninguna variedad e híbrido de maíz fue genéticamente desarrollada para producción y calidad forrajera, sino que fueron seleccionadas para rendimiento de grano [2], posteriormente son evaluadas para verificar con base en su potencial si es factible su utilización con fines de ensilado [3], por lo cual la información es limitada en cuanto al potencial productivo y nutricional de estos materiales para las diferentes regiones agroecológicas del país.

En la mayoría de los programas de mejoramiento genético la elección de variedades para producción de forraje y ensilado se basa en el porte alto de planta y gran capacidad para producir follaje, así como el manejo para obtener grandes volúmenes de materia verde por hectárea [4]; [5]; [6] y no se considera el valor nutritivo [2]; [4]. Esto puede ocasionar la generación de cultivares de maíz con muy buena productividad, pero con baja calidad nutricional lo cual repercute en la eficiencia y productividad del animal al consumir este forraje.

Debido a la amplia variabilidad genética observada en producción y calidad de forraje en maíz [7]; [8]; [9]; [10] se considera que el mejoramiento genético puede ser una estrategia exitosa para generar híbridos con las características forrajeras deseables y contribuir a incrementar la producción de leche y disminuir costos de producción. Asimismo, [2] mencionan que entre los criterios importantes de selección para el mejoramiento del maíz para ensilaje se encuentran la digestibilidad, el contenido de fibras y el rendimiento de materia seca.

Algunos estudios han demostrado que el mejoramiento genético para grano ha propiciado incrementos en producción de materia seca total, de la parte vegetativa y del grano, en 1.4, 0.7 y 2.4% por año, respectivamente, así como decrementos significativos en el contenido de fibra e incrementos en la digestibilidad *in vitro* del forraje, pero no de la parte vegetativa de la planta [11]; [11] sugieren enfatizar el mejoramiento de la calidad forrajera de la parte vegetativa, adicionalmente a la del rendimiento, para así lograr mayores progresos. Información adicional muestra que la digestibilidad de la planta total correlaciona de manera alta y significativa con la calidad nutritiva de la parte vegetativa, pero no con la del grano [7]; [12], lo que apoya hacer selección por calidad del follaje y del rendimiento de grano independientemente. [13] señalan que la digestibilidad *in vitro* de la pared celular del tallo es un parámetro estable que puede ser utilizado para evaluaciones genéticas. [14] mostraron la variación genética para la tasa y grado de digestión *in situ* de la pared celular en tallos de maíz. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar las características agronómicas, el rendimiento y el valor nutricional en híbridos experimentales de maíz con potencial forrajero en la Región de los Valles Altos de la Mesa Central de México.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 UBICACIÓN

El estudio se realizó en el Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX) ubicado en Santa Lucía Coatlinchán, Estado de México que se encuentra dentro del área de los 19° 29' latitud norte y 98° 53' longitud oeste con una altitud de 2250 m. De acuerdo con la clasificación climática de Köppen y modificada por [15] para las condiciones de México, se clasifica como templado subhúmedo C (o) (w) b (i') g, con lluvias en verano y del subtipo más seco de los C (W). La temperatura media anual es de 15.2 °C y con una precipitación pluvial promedio anual de 645 mm. Los análisis de valor nutricional se realizaron en el Laboratorio de Nutrición Animal del Programa de Ganadería del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Montecillo, Estado de México.

2.2 MATERIAL GENÉTICO Y DISEÑO EXPERIMENTAL

El material genético fue proporcionado (Tabla 1) por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y el Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal (ICAMEX), así como por Compañías privadas de semillas. Este material estuvo constituido por once cultivares que incluyeron híbridos con adaptabilidad a los Valles Altos y Templados, así como a las Regiones Tropicales y Subtropicales de los cuales siete son experimentales, un híbrido comercial, una variedad sintética y dos testigos comerciales. El diseño experimental utilizado en este estudio fue bloques al azar con tres repeticiones.

Tabla 1. Material genético utilizado en el estudio

No.	Material Genético	Institución y/o Compañía semillera	Variedad	Origen
1	FORBAJIO2	INIFAP	Híbrido	Subtropical
2	H-165	INIFAP	Híbrido	Valles Altos
3	H-157	INIFAP	Híbrido	Valles Altos
4	H-159	INIFAP	Híbrido	Valles Altos
5	PAB1	INIFAP	Híbrido	Tropical
6	PAB2	INIFAP	Híbrido	Tropical
7	MACHO1	ICAMEX	Híbrido	Valles Altos
8	H-161	INIFAP	Híbrido	Valles Altos
9	A-791	ASGROW	Híbrido	Tropical
10	V-107	INIFAP	variedad	Valles Altos
11	P30G40	PIONEER	Híbrido	Tropical

2.3 MANEJO CULTIVO

El experimento se realizó bajo condiciones de riego durante el ciclo primavera-verano con una densidad de población aproximada de 80,000 plantas ha⁻¹ y se fertilizó con 180-60-30 (N-P-K) kg ha⁻¹ cuya primera aplicación se hizo con 90-60-30 al momento de la siembra, y el resto del nitrógeno en la segunda escarda 90-00-00 [16].

2.4 VARIABLES EVALUADAS

Las variables agronómicas que se registraron fueron: días a floración femenina (FF), desde la siembra hasta que los estigmas expuestos tenían un cm de longitud; días a floración masculina (FM) transcurridos desde la siembra hasta que 50% de las plantas de cada parcela se encontraran en antesis; altura de planta (AP), se midió en centímetros desde la superficie del suelo al pie de la planta hasta la lígula de la hoja bandera, la sintomatología para roya común (*Puccinia sorghi* Schw.) (RC) fue evaluada en la etapa de floración del cultivo, tomando como referencia la escala de calificaciones del [17], para determinar el grado de afectación de la planta, donde 1 = 0%, 2 = 25%, 3 = 50%, 4 = 75% y 5 = 100%.

La cosecha se realizó en la etapa de corte para ensilado (30-35% MS de la planta). Un indicador práctico para determinar cuando la planta de maíz presenta este contenido de materia seca es la línea de leche que se presenta en el grano [18]. Posteriormente, se cortaron todas las plantas de los surcos centrales, después se pesaron para obtener el rendimiento de forraje verde total (RFV). El porcentaje de materia seca (MS), se determinó en ocho plantas completas tomados al azar para determinar materia seca, los cuales se pesaron, picaron (molino) y se mezclaron. El rendimiento de materia seca por hectárea (RMS) se estimó con el valor de forraje verde y el porcentaje de materia seca. En las muestras colectadas a la cosecha, se tomó una submuestra de un kg aproximadamente que se secó en una estufa de aire forzado a 60 °C hasta peso constante; luego se molió (criba de un mm en un molino Wiley) para las determinaciones de los análisis de valor nutricional.

En el experimento se determinó el contenido de proteína cruda (PC) siguiendo el método de Microkjendahl, descrito por la [19]; la cantidad de nitrógeno total se expresa en términos de proteína, utilizando como factor de conversión 6.25. La concentración de lignina en detergente ácido (LFDA) se determinó con ácido sulfúrico. La digestibilidad *in vitro* (DIVMS), fibra detergente ácido (FDA) y fibra detergente neutro (FDN) se determinó mediante la técnica descrita por [20] modificado por [21]. La hemicelulosa (HEM) en planta completa se obtuvo como resultado de la diferencia entre la FDN y la FDA; Celulosa (CEL) en planta completa se obtuvo del resultado de la diferencia entre la FDA y la LFDA.

2.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron procesados y analizados utilizando el paquete estadístico SAS [22]. Para ello, se empleó el procedimiento de modelos generalizados (GLM) y la comparación múltiple de medias (Tukey con $P \leq 0.05$). Al modelo estadístico, se agregó como covariable el porcentaje de materia seca de la planta para ajustar los datos de rendimiento de materia seca, proteína, lignina y rendimiento de materia seca digestible. Asimismo, las relaciones entre las diferentes variables registradas en este estudio y que fueron descritas por correlaciones simples de Pearson. Para la caracterización de las variedades de maíz se realizó utilizando la técnica multivariada de análisis canónico discriminante [23].

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 ANÁLISIS UNIVARIADO

Los resultados obtenidos indicaron diferencias significativas para todas las variables ($P \leq 0.001$). Con base en los días a floración (Tabla 2), todos los cultivares de maíz evaluados fueron de ciclo intermedio-tardío (92 días de FF y 90 días en FM en promedio) excepto por MACHO1 quien registró el mayor ciclo a floración. La AP de los cultivares osciló entre 211 y 314 cm con una media de 229.6 cm; los híbridos con mayor altura fueron los más tardíos como lo muestra la relación positiva observada entre la floración femenina y la altura ($r = 0.58$, $P < 0.001$) y los cultivares tardíos con el porte más alto de todos los materiales evaluados fueron MACHO1 y V107 comparados con FORBAJIO1, H-161E, PAB2, H-159E y PAB1 que presentaron una menor altura.

Tabla 2. Comparación de medias para las variables de agronómicas y de productividad en híbridos experimentales de maíz para forraje

Híbridos	Variables [†]					
	FF (d)	FM (d)	AP (cm)	RC (%)	RFV (t ha ⁻¹)	RMS (t ha ⁻¹)
<i>Experimentales</i>						
FORBAJIO2	97	94	227	0.0	57.9	20.5
H-165	91	89	240	0.0	69.6	28.0
H-157	83	81	242	0.0	66.0	23.3
H-159	84	82	212	16.7	64.6	23.4
PAB1	91	89	211	45.8	54.6	20.2
PAB2	93	90	213	50.0	48.1	17.9
MACHO1	105	102	314	8.3	51.3	17.2
<i>Comerciales</i>						
H-161	83	81	215	16.7	72.7	26.7
<i>Testigos</i>						
A-791	93	91	237	16.7	57.5	23.8
V-107	94	91	285.0	8.3	88.8	29.9
P30G40	94	92	243.4	33.3	53.5	20.0
Media	92.3	89.7	229.6	15.7	58.88	20.6
Significancia	***	***	***	***	***	***
R ²	0.95	0.93	0.79	0.74	0.92	0.74
DMSH	4.40	3.37	44.8	38.24	15.88	6.17

[†]FF = días a floración femenina; FM = días a floración masculina; AP = altura de planta; RC = roya común; RFV = rendimiento de forraje verde; RMS = rendimiento de materia seca. *** $P < 0.0001$; R² = Coeficiente de determinación; DMSH = diferencia mínima significativa honesta (Tukey= 0.05%).

En cuanto a la evaluación de la roya común (RC) se observó, que los mayores daños en las hojas de la planta se registraron cuando el cultivo se encontraba en etapa de floración siendo los cultivares con germoplasma Tropical, los que mostraron las mayores incidencias a la RC de 33.3 a 50%. Los híbridos experimentales PAB1 (45.8%) PAB2 (50%) y el testigo comercial P30G40 (33.3%) fueron los que mostraron mayor susceptibilidad en comparación, a los materiales de origen Valles Altos; por lo que son limitadas las posibilidades de estos materiales para su aprovechamiento comercial en la Región de los Valles Altos de la Mesa Central de México debido, a su baja adaptabilidad a esta zona y resistencia a enfermedades foliares [24], que se ve reflejado en bajos rendimientos del cultivo [25].

En la misma Tabla 2, se presentan los rendimientos de los once cultivares evaluados, en donde el RFV varió de 88.8 a 48.1 t ha⁻¹, mientras que el RMS presentó valores de 29.9 a 17.2 t ha⁻¹; V-107, H-165E y H-161, fueron los materiales con el más alto RMS. En ese contexto, las producciones de materia verde total en todos los cultivares y, especialmente en los más sobresalientes, fue igual o mayor

a la media del Estado de México, que es de 51.47 t ha⁻¹ (SIAP, 2023) y fueron similares a los registrados por [26] y [27] quienes reportaron rendimientos que oscilan entre 70 y 95 t ha⁻¹ de forraje verde y más de 20 t ha⁻¹ de materia seca.

En la Tabla 3, se presentan los resultados obtenidos indican diferencias significativas para la mayoría de variables ($P \leq 0.001$) excepto para LAD. Con base en la comparación de medias para las variables de valor nutricional, el contenido de PC varió de 10.2 a 7.7% y para DIVMS los valores estuvieron entre 77.1 a 59.1% entre las variedades evaluadas. Al respecto, [4] reportó valores de 8.5 a 9.2% para PC y de 66.4 a 68.1% en DIVMS siendo ligeramente menores a lo encontrado en este estudio. Respecto a las paredes celulares, las variaciones fueron de 40.5 a 30.4% en HEM y de 35.4 a 25.4% en CEL.

Tabla 3. Comparación de medias para las variables de valor nutricional en híbridos experimentales de maíz para forraje. Coatlinchán, Estado de México, México

Híbridos	Variables [†]						
	PC (%)	FDN (%)	FDA (%)	LAD (%)	DIVMS (%)	HEM (%)	CEL (%)
<i>Experimentales</i>							
FORBAJIO2	8.9	66.1	29.7	2.6	66.1	36.4	27.2
H-165	7.7	71.8	35.2	2.1	66.8	36.6	33.1
H-157	8.5	68.0	37.6	2.2	67.8	30.4	35.4
H-159	9.3	64.5	34.1	1.9	65.7	30.4	32.2
PAB1	9.1	72.1	31.6	3.1	70.5	40.5	28.4
PAB2	9.7	67.9	29.0	3.2	77.1	38.9	25.8
MACHO1	10.2	72.8	39.6	4.5	60.5	33.2	35.3
<i>Comerciales</i>							
H-161	9.1	67.6	31.2	2.1	72.1	36.4	29.4
<i>Testigos</i>							
A-791	8.8	70.5	37.3	2.4	59.1	33.2	34.9
V-107	9.6	66.1	34.5	4.2	63.6	31.7	30.3
P30G40	9.2	62.0	27.3	1.9	65.3	34.7	25.4
Media	9.02	67.3	32.3	2.75	67.3	35.0	29.5
Significancia	***	**	**	ns	*	*	***
R ²	0.79	0.69	0.77	0.63	0.65	0.56	0.74
DMSH	1.44	8.19	7.84	2.66	15.5	9.65	8.06

[†]PC = proteína cruda de la planta completa; FDN = fibra detergente neutro; FDA = fibra detergente ácido; LAD = lignina detergente ácido; DIVMS = digestibilidad *in vitro* de la materia seca; HEM = hemicelulosa; CEL = celulosa. *** $P < 0.0001$; R² = Coeficiente de determinación; DMSH = diferencia mínima significativa honesta (Tukey= 0.05%).

El material que tuvo el mayor porcentaje de digestibilidad de todos los evaluados fue PAB2 y esto podría explicarse, por el bajo rendimiento de forraje que presentó tanto en verde como en seco y por la baja concentración de paredes celulares. Los valores de DIVMS en planta completa encontrados en este estudio son similares a los reportados por [28] en Aguascalientes, México, observó una digestibilidad *in vitro* de la planta de maíz que fluctuó entre 65.4 a 67.9% con una media de 66.6%.

Las relaciones observadas entre la DIVMS con FAD ($r = -0.66$; $P \leq 0.001$), con el contenido de CEL ($r = -0.64$; $P \leq 0.001$) así como con la concentración de HEM ($r = 0.56$; $P \leq 0.001$), muestran que los híbridos con mayor digestibilidad tienen menor contenido de fibra, específicamente de celulosa, pero un mayor contenido de hemicelulosa. Asimismo, el contenido de NDF estuvo relacionada positivamente con el contenido de LAD ($r = 0.48$; $P \leq 0.001$), indicando que a mayor concentración de la pared celular mayor contenido de lignina en la misma.

3.2 ANÁLISIS MULTIVARIADO

Por otra parte, el mejoramiento genético que se ha realizado en la Meseta Central de México se ha enfocado principalmente a la obtención de cultivares de mayor producción de grano, pero se han descuidado sus atributos de calidad y sus propiedades forrajeras [29]. Actualmente, los híbridos de maíz para forraje son seleccionados por su rendimiento de materia seca por unidad de superficie, ya que no se dispone de información detallada de su calidad nutricional [30].

En ese contexto, las variables agronómicas, de rendimiento y valor nutricional, evaluadas en la etapa de corte del maíz para ensilado se sometieron a distintas metodologías multivariadas, excluyendo las variables FM, RFV, FDA, LAD, HEM y CEL por presentar colinealidad

con FF, RMS, DIVMS y FDN. El análisis de varianza multivariado (MANOVA) presentó diferencias significativas entre híbridos ($P \leq 0.0001$) en las variables evaluadas en la etapa de corte para ensilado (Tabla 4).

En el Análisis Discriminante Canónico (CANDISC) se observa que tomando en cuenta el factor híbrido, las dos primeras variables canónicas (VC1 y VC2) resultaron significativas y ambas explicaron el 86% de la varianza total. Estos resultados obtenidos son superiores a los reportados por [29] quienes reportaron para los dos primeros componentes principales valores mayores al 70% cuando se aplica esta técnica multivariada [31] para la formación de grupos de variables o de cultivares de maíz forrajero.

En la Tabla 4 se presentan, los coeficientes canónicos estandarizados para los híbridos experimentales donde, muestran que con base en su valor absoluto las variables originales más relevantes la FF (2.17), AP (2.34), RMS (-0.58), DIVMS (0.74) y FDN (-1.10) en VC1 y en VC2 el RMS (2.03) y la DIVMS (-0.62) son los principales parámetros que caracterizan a los cultivares de maíz en la etapa de corte para ensilado. Esta información, coincide con lo reportado por [32] quienes determinaron a través del análisis de canónico discriminante que las variables a tomar en cuenta en las evaluaciones de cultivares de maíz para forraje son: días a floración femenina, altura de planta, acame y digestibilidad *in vitro*.

Tabla 4. Análisis de varianza multivariada, proporción de la varianza explicada, probabilidad y coeficientes canónicos estandarizados para las tres primeras variables canónicas en parámetros agronómicos, de rendimiento y valor nutricional medidos en la etapa de corte del maíz para ensilado. Coatlinchán, Estado de México, México

	Variable canónica	Proporción de la varianza explicada	Valor de probabilidad	FF	AP	RC	RMS	PC	DIVMS	FDN
Híbridos	VC1	0.70	< 0.0001	2.17	2.34	0.06	-0.58	-0.11	0.74	-1.10
	VC2	0.16	< 0.0001	0.39	-0.22	-0.59	2.03	-0.20	-0.62	0.006

FF = días a floración femenina; AP = altura de planta; RC = roya común en planta; RMS = rendimiento de materia seca; PC = proteína cruda total; DIVMS = digestibilidad *in vitro* de la materia seca de la planta completa; FDN = fibra detergente neutro.

Por otra parte, las medias de clase para las dos primeras variables canónicas en híbridos de maíz para forraje se presentan en la Tabla 5. Los valores negativos en VC1 indican que los híbridos, H-165E, H-161, H-159E, PAB1 y PAB2 fueron híbridos más precoces y de bajo porte; en contraste a los materiales FORBAJIO2, MACHO1, H-157E, A-791, V-107 y P30G40 que presentaron medias de clase con coeficientes positivos. Para CAN2, los materiales, FORBAJIO2, H-165E, H-157E, H-161 y V-107, que presentaron medias de clase con coeficientes positivos, tuvieron el mayor rendimiento de materia seca.

Tabla 5. Medias de clase de las variables canónicas para cultivares de maíz evaluados en la etapa de corte del maíz para ensilado. Coatlinchán, Estado de México, México

No.	Híbrido	VC1	VC2
1	FORBAJIO2	0.44	0.63
2	H-165	-3.70	2.48
3	MACHO1	12.56	-1.05
4	H-157E	0.24	2.06
5	H-161	-5.53	0.81
6	H-159E	-0.43	-1.06
7	PAB1	-3.97	-1.42
8	PAB2	-3.12	-3.55
9	A-791	0.44	-1.04
10	V-107	2.44	4.40
11	P30G40	0.62	-2.26

Con base en la ponderación de las variables originales definida por los coeficientes canónicos estandarizados y la posición de los materiales en la Figura 1, determinada por sus respectivas medias de clase, esto permite hacer la siguiente caracterización cuantitativa:

En el Cuadrante I, los materiales V-107, FORBAJIO2 y H-157E que se observan en este Cuadrante, se caracterizaron por presentar mayor ciclo (94 a 97 días a FF), AP de 227 a 285 cm, RMS que oscilaron entre 18.6 a 28.9 t ha⁻¹ y con alto valor en la DIVMS (63.6 a 67.8%) características que les permitieron ubicarlos como los de mejor respuesta con base en VC1 y VC2.

En el Cuadrante II los híbridos que se observaron en este Cuadrante fueron opuestas a los híbridos H-165E y H-161 de ciclo intermedio (89 y 91 días a FF), con AP de 215 y 240 cm, combinado con rendimientos de materia seca (24.3 y 27.6 t ha⁻¹) que fueron similares a los presentados por los híbridos que integraron el primer cuadrante y con DIVMS de 66.8 y 72.1%. Características, que permitieron ubicarlos como el de mejor respuesta en la variable VC2.

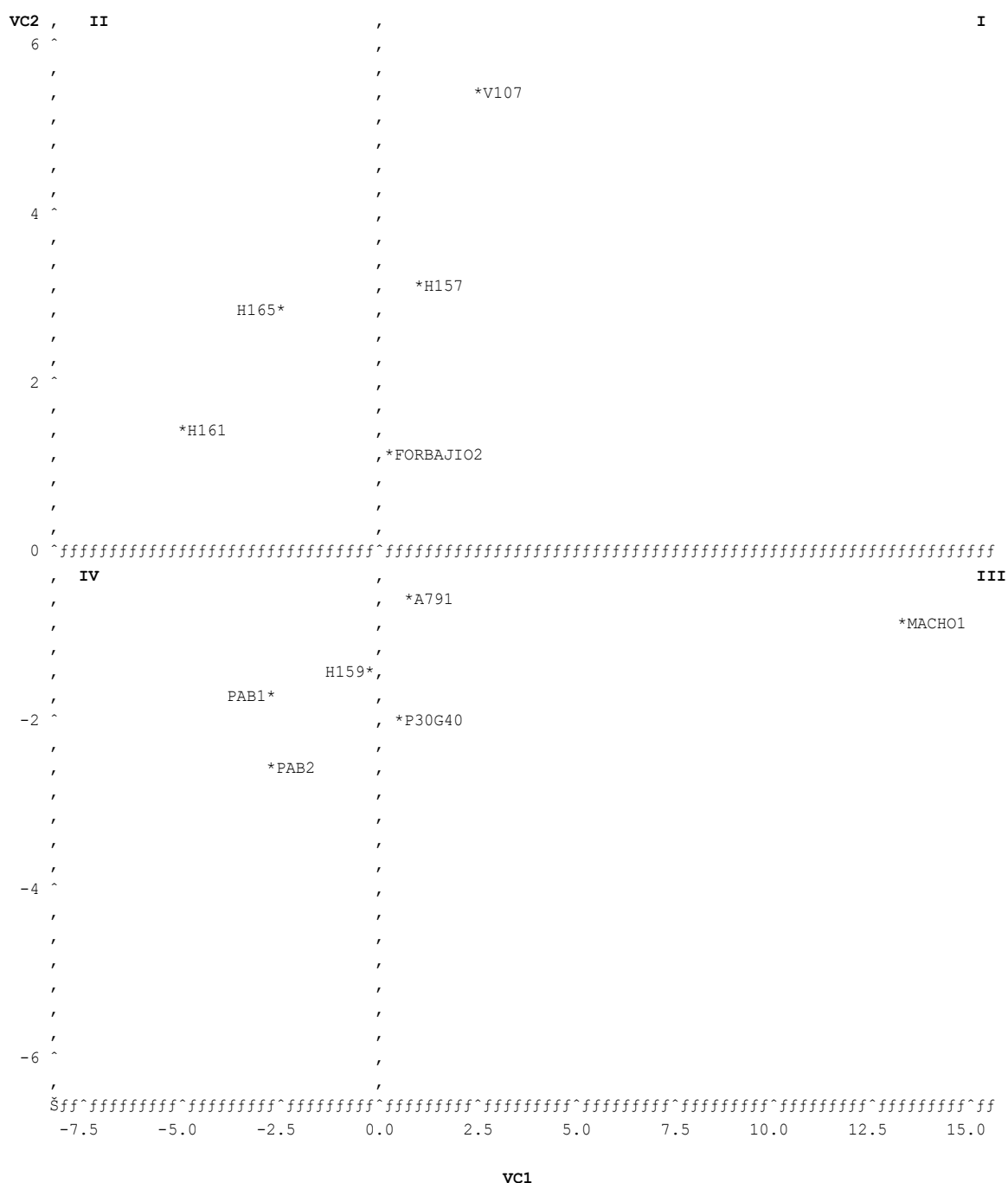


Fig. 1. Dispersión de los híbridos de maíz para forraje en función de parámetros agronómicos, rendimiento y el valor nutricional evaluados en la etapa de corte del maíz para ensilado y ponderada, por las dos primeras variables canónicas del análisis discriminante canónico. Coatlinchán, Estado de México, México

Con base en CAN1 se puede observar que el Cuadrante III, está integrado por los cultivares MACHO1, A-791 y P30G40 de ciclo tardío (93 a 105 días a FF). La AP de estos materiales son de 237 a 314 cm, pero con regulares RMS (17.9 a 23.2 t ha⁻¹), lo que viene a confirmar a los resultados obtenidos en los análisis estadísticos univariados. Estos resultados son consistentes con los observados por [33], quienes identificaron en híbridos de maíz para forraje rendimientos de forraje seco que van de 14.3 a 21.4 t ha⁻¹

Cuadrante IV. Presenta materiales de ciclo intermedio (PAB1) y tardío (H-159E y PAB2), porte bajo que va de 210 a 213 cm, con altos valores de la roya común (17.3 a 50.0%), con rendimientos de RMS alrededor de 15.2 a 20.8 t ha⁻¹ en comparación a los materiales que integran el segundo cuadrante y con un porcentaje de DIVMS 63 a 77.1%, por lo que se ubican como los cultivares de mayor porcentaje de roya común, menor rendimiento y altura de planta esto, de acuerdo a las variables canónicas VC1 y VC2. Estos resultados son similares a los reportados por [5] quienes aseguraron que el menor rendimiento de algunos híbridos de maíz forrajero, se explica por su menor porte de planta y también porque tuvieron una fuerte incidencia de roya (*Puccinia polysora*).

De manera general puede señalarse que los materiales de maíz con el mejor comportamiento productivo y nutricional al corte para ensilado fueron aquellos que poseen germoplasma para Valles Altos y Templados que fueron generados por el INIFAP, siendo los sobresalientes: V-107, H-157E, H-161 y H-165E.

4 CONCLUSIONES

En este estudio se concluye que el híbrido afecta la producción y el valor nutricional del maíz para forraje. Además, los principales parámetros que caracterizan a los genotipos de maíz en la etapa de corte para ensilado son la floración femenina, altura de la planta, rendimiento de materia seca, fibra detergente neutro y digestibilidad de la materia seca *in vitro*, por lo que es importante tomar en cuenta estos parámetros en los programas de mejoramiento genético del maíz para forraje. Asimismo, se tiene que los híbridos integrados con germoplasma Tropical presentaron alta susceptibilidad a la roya común debido a ello, redujeron su potencial productivo, mientras que los cultivares de maíz integrados con germoplasma Valles Altos y Templados que resultaron sobresalientes en este estudio fueron: V-107, H-157E, H-161 y H-165E.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar sus agradecimientos al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), por el apoyo económico brindado a través del proyecto titulado: "Mejoramiento Genético de Maíz Para Forraje de Alta Productividad y Valor Nutricional" (No. SIGI: 135260688). Asimismo, los autores agradecen al Dr. Gustavo Adrián Velásquez Cárdelas (CEVAMEX-INIFAP) y al M.C. Fermín Bravo Quirino (ICAMEX), por la facilidad dada al otorgar los híbridos generados por ellos para ser evaluados en este estudio.

REFERENCIAS

- [1] Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). *Avance de siembras y cosechas año agrícola 2021 en México*. En línea. Disponible en https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/ (15 de diciembre de 2023).
- [2] A. Peña R., F. González C., G. Núñez H. y C. Jiménez G., «Aptitud combinatoria de líneas de maíz para alta producción y calidad forrajera». *Revista Fitotecnia Mexicana*, vol. 27, no.1, pp. 1-6, 2004.
- [3] M. Tadeo R., A. Espinosa C., J. Zaragoza E., A. Turrent F., M. Sierra M. y N. Gómez M., «Forraje y grano de híbridos de maíz amarillos para valles altos de México». *Revista Agronomía Mesoamericana*, vol. 23, no. 2, pp. 281-288, 2012.
- [4] G. Núñez H., R. Faz C., F. González C. y A. Peña R., «Madurez de híbridos de maíz a la cosecha para mejorar la producción y calidad del forraje». *Técnica Pecuaria de México*, vol. 43, pp. 69-78, 2005.
- [5] A. Peña R., F. González C., G. Núñez H., M. R. Tovar G., R. E. Preciado O., A. D. Terrón I., N. O. Gómez M. y A. Ortega C., «Estabilidad del rendimiento y calidad forrajera de híbridos de maíz». *Revista Fitotecnia Mexicana*, vol. 29, no.2, pp. 109-114, 2006a.
- [6] A. Peña R.; F. González C., G. Núñez H., H. Maciel, Producción y calidad forrajera de híbridos precoces de maíz en respuesta a fechas de siembra, nitrógeno y densidad de población. *Revista Fitotecnia Mexicana*, Vol. 29, no. 3, pp. 207-213, 2006b.
- [7] D. P. Wolf, J. G. Coors, K. A. Albrecht, D. J. Undersander, P. R. Carter, Forage quality of maize genotypes selected for extreme fiber concentrations. *Crop Science*, 33: 1353-1359, 1993.
- [8] J. P. Lundvall, D. R. Buxton, A. R. Hallauer, J. R. George, Forage quality variation among maize inbreds: In vitro and cell wall components. *Crop Science*, vol. 34, pp.1672-1678, 1994.
- [9] J. G. Coors, *Findings of the Wisconsin corn silage consortium*. 58th Meeting. Cornell Nutrition Conf. Feed Manufac. Cornell University. Ithaca, NY, pp. 20-28, 1996.
- [10] A. Peña R., G. Núñez H. y F. González C., Potencial forrajero de poblaciones de maíz y relación entre atributos agronómicos con la calidad. *Técnica Pecuaria de México*, vol. 40, no. 3, pp. 215-228, 2002.
- [11] J. G. Lauer, J. G. Coors and P. J. Flannery, Forage yield and quality of corn cultivars developed in different eras. *Crop Science*, vol. 41, pp. 1449-1455, 2001.
- [12] A. Peña R., G. Núñez H., F. González C., Importancia de la planta y el elote en poblaciones de maíz para el mejoramiento genético de la calidad forrajera. *Técnica Pecuaria de México*, vol. 41, no. 1, pp. 63-74, 2003.
- [13] O. Dolstra, J. H. Medema, *An effective screening method for genetic improvement of cell-wall digestibility in forage maize*. In: Proc. XVth Eucarpia Maize and Sorghum Section Congress. June 4-8. Baden Near Vienna, Austria, pp. 258-270, 1990.
- [14] Y. Barriere, M. R. Tovar-Gómez, J. C. Emile and D. Sauvant, Genetic variation in rate and extent of the *in situ* cell wall degradation of maize stalks at silage harvest time. *Agronomie*, vol. 18, pp. 1-9, 1998.
- [15] E. García M., Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen para Adaptarlas a las Condiciones de la República Mexicana. 3ra ed. Editorial UNAM. México, 252 p., 1988.
- [16] M. R. Tovar G., J. L. Arellano V., C. Pérez M. y R. Zepeda B., «Rendimiento y valor nutricional del rastrojo y grano de híbridos y variedades de maíz para el Estado de México». Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Campo Experimental Valle de México. Desplegable técnica no. 51, 2015.

- [17] Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Manejo de los ensayos e informe de los datos para el Programa de Ensayos Internacionales de Maíz del CIMMYT. México, D.F., 20 p., 1995.
- [18] C. Pérez M., M. R. Tovar G., N. O. Gómez M. y M. Montero L., «*Tecnología de producción de maíz para ensilado en el Estado de Guerrero*». Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Campo Experimental Iguala. Desplegable para productores no. 16, 2010.
- [19] Association of Officiating Analytical Chemists (AOAC), Official method of analysis. 19th Edition. Washington DC, USA. 672 p., 2012.
- [20] P. J. Van Soest, R. Wine H. and A. Morre L., Estimation of the true digestibility of forages by the in vitro digestion of cell walls. Proceedings of the X International Grassland Congress. Pp. 438-441, 1966.
- [21] E. P. Sosa, Manual de procedimientos analíticos para alimentos de consumo animal. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México, 115 p., 1979.
- [22] Statistical Analysis Software, SAS/STAT, Guide for personal computers. Statistical Analysis System Institute. Inc. Cary, NC. USA, 2016.
- [23] A. R. Johnson, and D. W. Wichern., *Applied multivariate statistical analysis*. Prentice Hall. Inc. Englewood Cliffs. New Jersey, USA. pp. 361-396, 1982.
- [24] M. R. Tovar G., J. L. Arellano V., C. Pérez M., A. Peña R. y G. Núñez H., Evaluation of experimental and commercial maize hybrids for silage in the Highland Valleys Region. *Journal Animal Science*, vol. 85, no. 1, pp. 41, 2007.
- [25] J. P. Wiatrak, D. L. Wright, J. J. Marois and R. Sprenkel, Corn hybrids for late planting in the southeast. *Agronomy Journal*, vol. 96, pp. 1118-1124, 2004.
- [26] A. Peña R., F. González C., G. Núñez H., R. E. Preciado O., A. D. Terrón I. y M. Luna F., H-376. Híbrido de maíz para producción de forraje y grano en el Bajío y la región norte centro de México. *Revista Fitotecnica Mexicana*, vol. 31, pp. 85-87, 2008.
- [27] M. Castillo J., A. Rojas B. y R. WingChing J., Valor nutricional del ensilaje de maíz cultivado en asociación con vigna (*Vigna radiata*). *Agronomía Costarricense*, vol. 33, pp. 133-146, 2009.
- [28] F. González C., A. Peña R. y G. Núñez H., Etapas de corte, producción y calidad forrajera de híbridos de maíz de diferente ciclo biológico. *Revista Fitotecnica Mexicana*, vol. 29, no. 2, pp. 103-107, 2006.
- [29] J. R. P. Franco M., A. González H., D. J. Pérez L. y M. González R., Caracterización fenotípica de híbridos y variedades de maíz forrajero en Valles Altos del Estado de México, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 6, no. 8, pp. 1915-1927, 2015.
- [30] G. Núñez H., E. F. Contreras G., y R. Faz C., Características Agronómicas y Químicas Importantes en Híbridos de Maíz para Forraje con Alto Valor Energético. *Técnica Pecuaria de México*, vol. 41, no.1, pp. 37-48, 2003.
- [31] I. Rodríguez F., A. González H., D. J. Pérez L. y M. Rubí A., Efecto de cinco densidades de población en ocho cultivares de maíz sembrado en tres localidades del Valle de Toluca, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 6, no. 8, pp. 1943-1955, 2015.
- [32] C. Pérez M., M. R. Tovar G., N. O. Gómez M. y M. Montero L., Evaluación de híbridos y variedades de maíz con potencial forrajero en la Región Tropical del Estado de Guerrero. *Revista Foro de Estudios Sobre Guerrero*, vol. 1, no.2, pp. 357-362, 2015.
- [33] R. Gaytán B., L. Reyes M., M. I. Martínez G., N. Mayek P., J. S. Padilla R. y M. Luna F., Depresión del rendimiento de grano y forraje de híbridos de maíz en generaciones avanzadas. *Agricultura Técnica de México*, vol. 31, no. 2, pp. 165-175, 2005.

An analytical solution of a problem of a tubular structure which is subjected to an expansion following the axis

Edouard Diouf, Jérémie Gaston Sambou, and Alioune Ba

Laboratory of Mathematics and Applications, University Assane Seck of Ziguinchor, BP 523, Senegal

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In this study, we propose the analysis of a tubular structure undergoing expansion along the axis of the cylindrical material under internal pressure. Both kinematic and dynamic aspects are examined, leading to the derivation of an exact analytical solution using a system of partial differential equations. Simulation results demonstrate that the solution exhibits sinusoidal behavior in all cases. Minor variations result in incremental or decremental intervals, while significant changes in radius cause simultaneous increase and decrease intervals with trigonometric patterns. Additionally, we observe that the second component significantly influences the overall solution behavior compared to the first component.

KEYWORDS: Kinematics of transformation, gradient tensor, Cauchy-Green tensor, isotropic elementaries invariants, incompressible transformation, equations of equilibrium, Bessel differential equations solutions.

1 INTRODUCTION

In recent years, researchers seem better equipped to discuss the different methods of finding analytical solutions in mathematics, physics or elasticity. This is the case, for example, for irregular problems such as large-scale bodies or areas, where analytical solutions are often found. However, these must be considered as approximate since they are valid only «far from certain edges» that is to say, the edges where are laid conditions to the overall limits of the solid body considered according to the Saint Venant' principle. Analytical solutions provide a better understanding of the essential characteristics of finite transformations. The usual reflexes of superposition of solutions and intuition resulting from linearity or nonlinearity must be abandoned in favor of a complete and rigorous approach of analysis of transformation and behavior. In addition, the choice of a model of behavior of a real material is not always easy. The behaviour of real materials is often complex. Even for structures as common as steel, many aspects of behaviour remain poorly understood and it is even difficult to develop a model representing the behaviour of a given material in all circumstances. In each mechanical or physical problem, it is necessary to choose the simplest model leading to satisfactory results for the intended use. Nowadays, research may have been inhibited by the belief that no progress could be made in the development of theories of nonlinear models unless a completely explicit constitutive equation could be written. Such equations were generally chosen on the basis of an alleged simplicity of constitutive equations. One of the difficulties of this approach lies in the fact that simplicity is very subjective, depending considerably on the choice of variables according to which the relationship is expressed. The transition to the constitutive equation, expressed in phenomenological terms, is generally very difficult. It cannot be done without a related model and complex mathematical considerations. The most modern approach stems largely from the realization that it is possible to write fairly general constitutive equations from phenomenological or geometric considerations. This awareness is already involved in the theory of finite elasticity. Here, the constitutive equation is given by a statement that the strain energy function must depend on the strain gradient. In this paper, we propose the study of the behavior of a structure in tubular form. It is subjected to an expansion following the axis of the material that we assume cylindrical and to an internal pressure. The first part of this study concerns the kinematic and dynamic aspects related to the behavior of the model. We will then proceed to an analytical solution, exact of the problem at the limits resulting from the setting of equations through a system of partial differential equations. We will then simulate the different components of the solution and the solution due to pressure.

2 MATHEMATICAL CONSIDERATIONS

A tube of circular section, of axis $\vec{E}_z$ of inner radius R_i of outer radius R_o and of thickness $H = \frac{R_o - R_i}{2}$.

It is subjected to an $\vec{E}_z$ axis expansion and an P internal pressure.

Under the action of these stresses, it is considered that the initial tube is transformed into a circular base cylinder, of axis $\vec{e}_z$ inner radius r_i , outer radius r_o and thickness h .

The kinematics of the transformation, kinematically permissible, is defined as:

$$r = \alpha R, \theta = \beta \theta, z = \lambda Z + f(R, t) \quad (1)$$

The F gradient of this transformation and the left Cauchy-Green tensor $B = FF^T$ take the forms:

$$F = \begin{pmatrix} \alpha & \frac{-\theta}{R} & 0 \\ 0 & 1 + \frac{\beta}{R} & 0 \\ \frac{\partial f(R, t)}{\partial R} & 0 & \lambda \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} \alpha^2 + \frac{\theta^2}{R^2} & \frac{-\theta}{R} \left(1 + \frac{\beta}{R}\right) & \alpha \frac{\partial f(R, t)}{\partial R} \\ \frac{-\theta}{R} \left(1 + \frac{\beta}{R}\right) & \left(1 + \frac{\beta}{R}\right)^2 & 0 \\ \alpha \frac{\partial f(R, t)}{\partial R} & 0 & \lambda^2 + \left(\frac{\partial f(R, t)}{\partial R}\right)^2 \end{pmatrix} \quad (2)$$

To obtain a behavior relationship that describes the nonlinear hyperelastic mechanical behavior is to define a behavior relationship linking constraints and deformations. To do this, Spencer introduced the second symmetrical Lagrangian tensor of Piola-Kirchoff constraints [1]. From the kinematic data associated with the transformation, the Eulerian tensor deformation of Cauchy-Green dilations was characterized. The energy potential depends on the deformation invariants: $W = W(I_1, I_2, I_3)$.

The $I_j, j = 1, 2, 3$ are the three elementary invariants of tensor B defined by:

$$\begin{cases} I_1 = \text{trace}(B) \\ I_3 = \det(B) \\ I_2 = I_3 \cdot \text{trace}(B^{-1}) \end{cases} \quad (3)$$

The stress state for an incompressible isotropic hyperelastic behaviour of energy W is written:

$$\sigma = \frac{2}{j} [W_1 B + W_2 (I_1 I_d - B) + W_3 I_1 I_d] \quad (4)$$

where I_d is the identity matrix of order 3, $W_j = \frac{\partial W}{\partial I_j}, j = 1, 2, 3$.

Considering the equalities (1), (2) and (3), the components of the Cauchy stress tensor, in a system of cylindrical coordinates and considering the nature of the kinematics defined in (1) and the components of the Cauchy tensor (4), the equations of motion are reduced to the system:

$$\frac{2(W_2 + W_3)}{\alpha} \frac{\partial f(R, t)}{\partial R} \frac{\partial^2 f(R, t)}{\partial R^2} + \left[\frac{-\theta^2 (W_2 + W_3)}{\alpha} - 2 \frac{\beta^2 (W_2 + W_3)}{\alpha} - \frac{(W_1 - W_2)}{\lambda} + \frac{(\theta^2 - \beta^2)(W_1 + W_2)}{\lambda} \right] \frac{1}{R^3} + \left[-2 \frac{\beta (W_2 + W_3)}{\alpha} - \frac{(W_1 - W_2)}{\lambda \beta} - 2 \frac{\beta (W_1 + W_2)}{\lambda} \right] \frac{1}{R^2} + \left[\frac{(W_1 + W_2)(\alpha^2 - 1)}{\lambda R} \right] = 0 \quad (5)$$

$$\frac{\partial^2 f(R, t)}{\partial R^2} + \frac{1}{R} \frac{\partial f(R, t)}{\partial R} - \frac{\alpha \lambda \rho_o}{W_1 - W_2} \left(1 + \frac{\beta}{R}\right) \frac{\partial^2 f(R, t)}{\partial t^2} = 0 \quad (6)$$

The main problem that concerns us when dealing with a differential equation is the search (analytical, numerical or approximate) for its solutions. In theory of differential equations as in algebra one can interpret in different ways. In algebra we tried to find a general formula, using radicals [2]. There is the possibility of looking for the approximate solution of equations with numerical coefficients, as well as that of studying the dependence of solutions on their coefficients. In this paragraph [3], we use this last possibility with the method of decoupled equations by posing:

$$f(R, t) = U(R) + V(R) \cos(\omega t) \quad (7)$$

By reporting equation (7) in (6), we obtain Bessel equations (first and second types)

There are different methods to solve the Bessel differential equation [4], in this article we use the Laplace transformation.

$$\begin{cases} U''(R) + \frac{1}{R}U'(R) = 0 \\ V''(R) + \frac{1}{R}V'(R) + \frac{\alpha\lambda w^2\rho_0}{w_1-w_2}\left(1 + \frac{\beta}{R}\right)V(R) = 0 \end{cases} \quad (8)$$

We get analytical solutions in the form of power series. The solutions of these equations are Bessel functions, the importance of which we know in mechanics [5,6,7,8].

Equation (8.2) is a modified Bessel equation whose solution is a series of functions. We then obtain the analytical solutions of (8):

$$\begin{cases} U(R) = A_0 \ln(R) + A_1 \\ V(R) = A_2 J_\nu(kR) + A_3 Y_\nu(kR) \\ J_\nu(kR) = \left(\frac{kR}{2}\right)^\nu \sum_r \frac{(-1)^r}{r! \Gamma(1+r+\nu)} \left(\frac{kR}{2}\right)^{2r} \\ Y_\nu(kR) = \frac{\cos(\nu\pi)J_\nu(kR) - J_{-\nu}(kR)}{\sin(\nu\pi)} \end{cases} \quad (9)$$

with

$$k^2 = \frac{\alpha\lambda w^2\rho_0}{w_1-w_2}, \nu^2 = \frac{\alpha\beta\lambda w^2\rho_0}{w_2-w_1}, A_i, i = 0,1,2,3 \text{ are integration constants.}$$

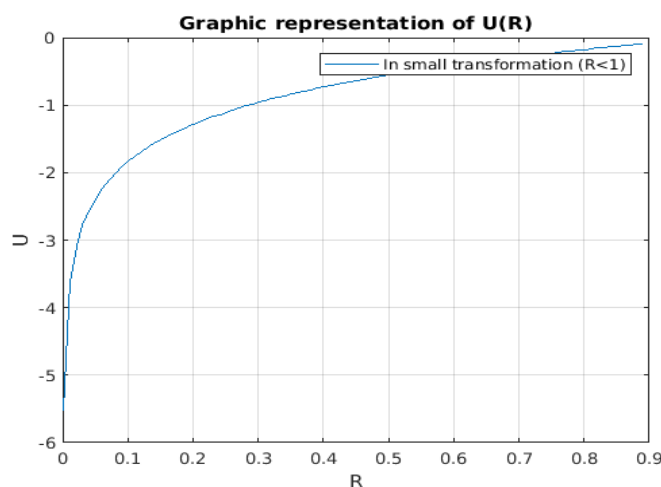
Thin wall pressure cylinders have wide use in different industrial applications like liquid storage tanks. The knowledge of the deformations in the thin walls and the stresses generated is an essential condition for the dimensioning of these structures. Before deformation, the initial internal pressure P_0 acts on the surface of the tube wall and the stresses are distributed in a non-uniform way over the section. We impose as conditions on the external lateral surface, radial and longitudinal stress [9].

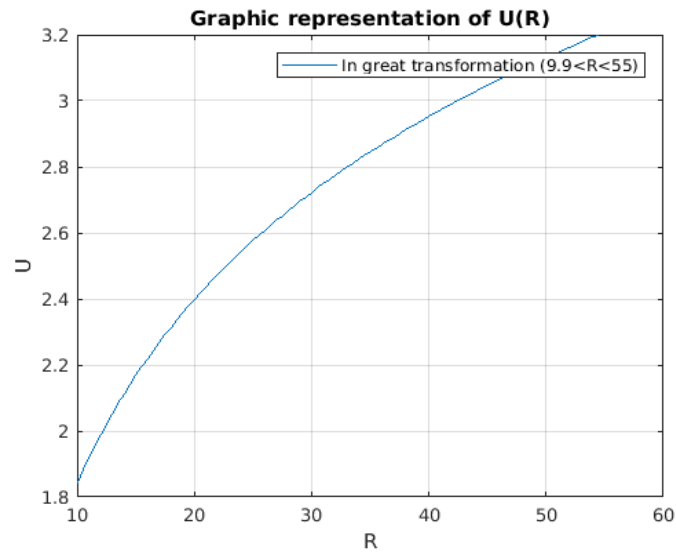
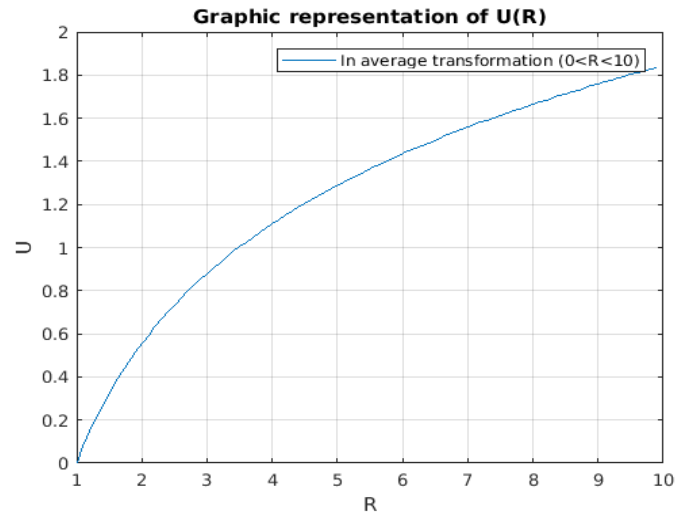
$$\begin{cases} f(R_o, 0) = 0 \\ \sigma_{rr}(R_i, 0) = -P_0 \left(\left(\frac{R_o}{R_i}\right)^2 - 1\right) \\ \sigma_{zz}(R_o, 0) = P_0 \left(\left(\frac{R_o}{R_i}\right)^2 - 1\right) \end{cases} \quad (10)$$

3 SIMULATION AND INTERPRETATION

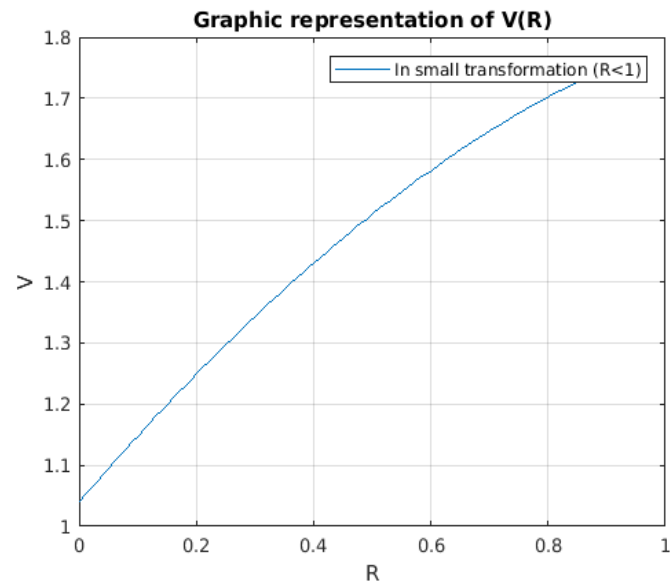
Here we consider a cylindrical section with small, average and great radius to see the behavior of the solution $f(R, t)$.

3.1 FUNCTION $U(R)$

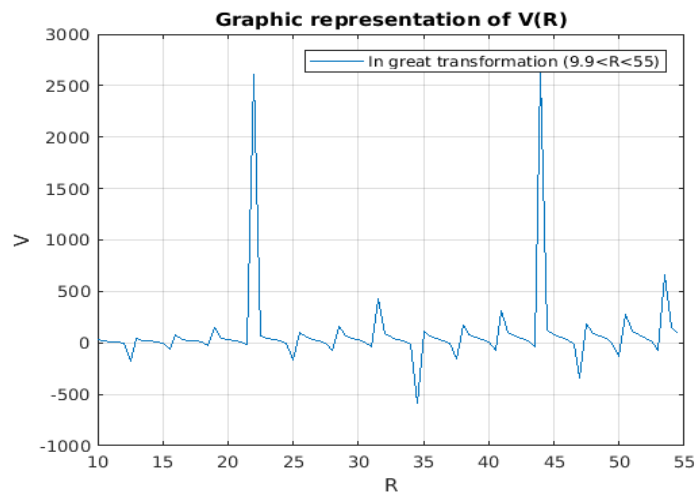
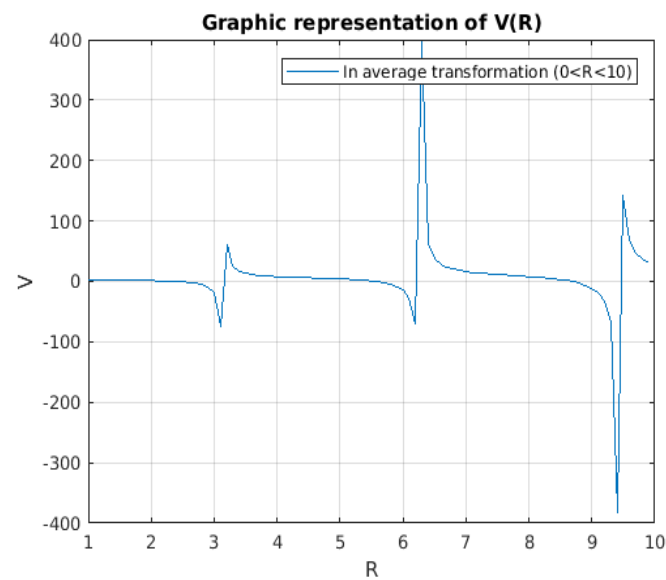




Here we can see that the kind of transformation have no influence in the behavior of the solution $U(R)$, in all the cases this component stays in logarithmic increasing.

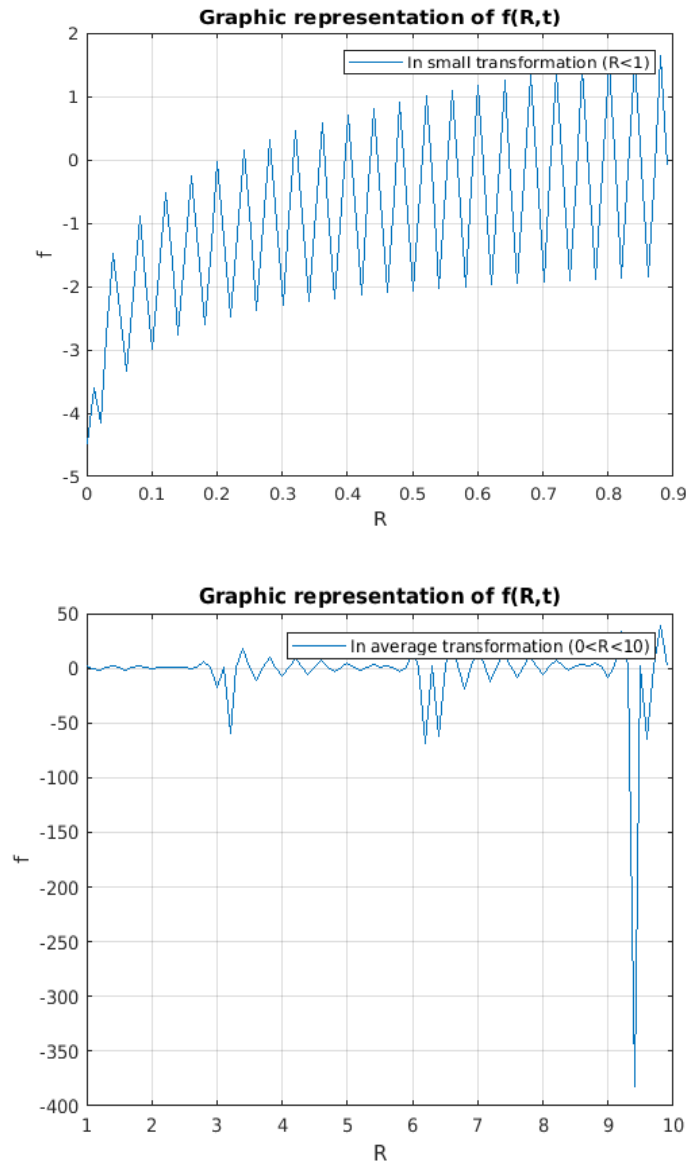


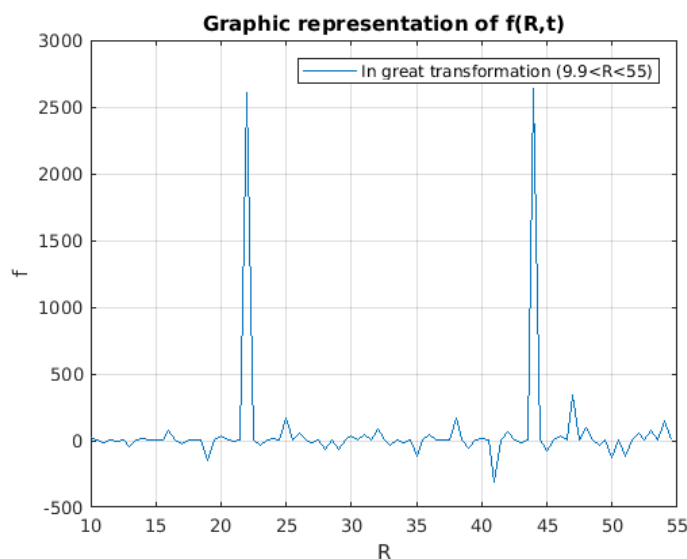
3.2 FUNCTION $V(R)$



In this component $V(R)$, we can see that the kind of transformation has a big influence in the behavior of this one. That can be explain by when the variation of the radius is so small we stay in an interval of increasing or decreasing depending to the values of R , but when the variation of the radius is so great we stay in an interval of increasing and decreasing at same time with a trigonometric behavior depending to the values of R .

3.3 FUNCTION $f(R, t)$





The simulation of the problem solution $f(R,t)$ shows in all the cases that it remains in sunisoidal behavior. As in the following case, we can see that the kind of transformation has a big influence in the behavior of this one. That can be explain by when the variation of the radius is so small we stay in an interval of increasing or decreasing depending to the values of R , but when the variation of the radius is so great we stay in an interval of increasing and decreasing at same time with a trigonometric behavior depending to the values of R .

As a conclusion, we can say that the second component has a big influence in the behavior of the solution in general compared to the first component.

4 CONCLUSION

In this paper, we proposed the study of the behavior of a structure in tubular form which is subjected to an expansion following the axis of the material that we assumed cylindrical and to an internal pressure. In the first part, kinematic and dynamic aspects related to the behavior of the model have been studied. We proceeded to an exact analytical solution of the problem at the limits resulting from the setting of equations through a system of partial differential equations has been found. Simulation of the different components of the solution and the solution due to pressure shows that: $U(R)$ stays in all the cases this component in logarithmic increasing. $V(R)$, shows a big influence in the behavior of this one. when the variation of the radius is so small we stay in an interval of increasing or decreasing depending to the values of R , but when the variation of the radius is so great we stay in an interval of increasing and decreasing at same time with a trigonometric behavior depending to the values of R . $f(R,t)$ shows in all the cases that it remains in sunisoidal behavior. As in the following case, transformation has a big influence in the behavior of this one, when the variation of the radius is so small we stay in an interval of increasing or decreasing, but when the variation of the radius is so great we stay in an interval of increasing and decreasing at same time with a trigonometric behavior. And the second component has a big influence in the behavior of the solution in general compared to the first component.

REFERENCES

- [1] Babaei. M. H. Chen. Z. T. «Elastic field of a composite cylinder with a spatially varying dynamic eigenstrain». *Meccanica* 44 (1), 27-33 (2009).
- [2] Liu. X. Zhang. H. Xia. M. Wang. B. Zheng. Q. Wu. K. «A closed form solution for stress analysis of a hollow cylinder structure under non-uniform external load and its engineering application». *J. Eng. Res.* 8 (1), 72-88, (2020).
- [3] J. G. Sambou, E. Diouf. Analysis of the antiplane shear of certain materials. *International Journal of Scientific & Engineering Research* V9, Issue3, 666 ISSN 2229-5518, 2018.
- [4] Eason. G. Noble. B. Sneddon. «On certain integrals of Lipschitz-Hankel type involving product of Bessel functions». *Philos. Trans. R. Soc. London-Ser. A.* 247 (935). 529-551 (1955).
- [5] Jackson JD. *Classical electrodynamics*. 3rd ed. New York: John Wiley & Sons Inc; 1998 [Chapter 3].
- [6] Watson GN. *A treatise on the theory of Bessel functions*. 2nd ed. Cambridge University Press; 1966.
- [7] Blachman M, Mousavinezhad SH. *IEEE Trans Aerosp Electron Syst*; 22: 2. (1986).
- [8] Rothwell EJ. *IEEE Trans Antennas Propag Mag*; 51: 138. (2009).
- [9] Kang Jae-Hoon. *Int Mech Sci*; 89: 482]. (2014).

Inventaire floristique des trois îlots forestiers naturels dans la chefferie Pelende Nord, Province du Kwango en République Démocratique du Congo (RDC)

[Floristic inventory of three natural forest islands in the Pelende Nord chiefdom, Kwango Province, Democratic Republic of Congo (DRC)]

**Ruffin Nsielolo Kitoko¹, Jean Lejoly², Beaufile Futabaku Muniputu³, Elie Ikomba Ndonga⁴, Théophile Munkeralengi Kitoko⁵,
and Henri Paul Eloma Ikoleki⁶⁻⁷**

¹Université du Kwango, BP. 41 Kinshasa I, Faculté des Sciences Agronomiques et de Gestion Durable des Ressources Naturelles,
Laboratoire de Systématique végétale, Biodiversité et Gestion de Ressources Naturelles (LSVB&GRN), RD Congo

²Université Libre de Bruxelles, Herbarium de l'Université Libre de Bruxelles, Belgium

³Université du Kwango, BP. 41 Kinshasa I, Faculté des Sciences Agronomiques et de Gestion Durable des Ressources Naturelles,
Laboratoire de Systématique végétale, Biodiversité et Gestion de Ressources Naturelles (LSVB&GRN), RD Congo

⁴Université du Kwango, BP. 41 Kinshasa I, Faculté des Sciences Agronomiques et de Gestion Durable des Ressources Naturelles,
Laboratoire de Systématique végétale, Biodiversité et Gestion de Ressources Naturelles (LSVB&GRN), RD Congo

⁵Ministère de l'Environnement et Développement Durable, Direction des Inventaires et Aménagements Forestiers, RD Congo

⁶Université Pédagogique Nationale, Faculté des Sciences, Département de Biologie, RD Congo

⁷École de Télécommunication et Télédétection Spatiale (ETS, UPN), RD Congo

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study was conducted in Democratic Republic of Congo, in the province of Kwango, chiefdom of Pelende Nord in order to inventory the floristic diversity of forest islands. To study the vegetation, 15 transects 5 meters wide and 60 meters long were set up at random, with 5 transects per forest island. The inventoried plant species were identified using the combination of various identification keys, the botanical classification taking into account Angiosperm Phylogeny Group (APG IV). The results obtained reveal 129 plant species divided into 35 families including 48 species with an average of 25.5 ± 14.4 in the first forest island, 39 species with an average of 20 ± 11.4 in the second forest island and 42 species with an average of 21.5 ± 12.3 in the third forest island. The most represented families are those of *Rubiaceae* with 45.7%, *Euphorbiaceae* come second with 42.9% and *Fabaceae* in third position with 28.6%. This floristic richness shows that if these forest islands are well preserved, they can evolve into forest ecosystems by providing the same ecosystem services.

KEYWORDS: Floristic inventory, forest islands, Democratic Republic of Congo.

RESUME: Cette étude a été menée en République Démocratique du Congo, dans la province du Kwango, chefferie de Pelende Nord dans le but d'inventorier la diversité floristique des îlots forestiers naturels. Pour étudier la végétation, 15 transects de 5 mètres de largeur et 60 mètres de longueur ont été mis en place de manière aléatoire, en raison de 5 transects par îlot forestier. Les espèces végétales inventoriées ont été identifiées à l'aide de la combinaison de diverses clés d'identification, la classification botanique a tenu compte d'Angiosperm Phylogeny Group (APG IV).

Les résultats obtenus révèlent 129 espèces végétales réparties en 35 familles dont 48 espèces avec une moyenne de 25.5 ± 14.4 dans le premier îlot forestier, 39 espèces avec une moyenne de 20 ± 11.4 dans le second îlot forestier et 42 espèces soit une moyenne de 21.5 ± 12.3 dans le troisième îlot forestier. Les familles les plus représentées sont celles de *Rubiaceae* avec 45,7%, les *Euphorbiaceae* viennent en deuxième position avec 42,9 % et les *Fabaceae* en troisième position avec 28,6%. Cette richesse floristique montre que si ces îlots forestiers sont bien préservés, peuvent évoluer vers les écosystèmes forestiers en fournissant les mêmes services écosystémiques.

MOTS-CLEFS: Inventaire floristique, îlots forestiers, République Démocratique du Congo.

1 INTRODUCTION

Les îlots forestiers sont des écosystèmes naturels des milieux urbains, péri urbains et/ou ruraux constituant des reliques des forêts qui subsistent encore dans leurs états naturels. Riches en diversité biologique, d'intérêt scientifique, culturel et récréatif, ils jouent un rôle important de stabilisation de microclimat et de conservation de la biodiversité [1], [2].

Ces îlots résiduels, fragmentés et souvent isolés, sont considérés comme les lieux de refuges pour plusieurs espèces végétales et animales, permettant leur survie suite au passage du feu. Ils sont aussi perçus comme des connecteurs pour les espèces mobiles, permettant de réduire les distances avec la forêt continue [3].

Malgré les multiples pressions anthropiques et naturelles qu'ils subissent: feux de brousse, cueillette des produits forestiers ligneux et non ligneux et impacts négatifs des changements climatiques, ces écosystèmes naturels de proximité rendent d'énormes services environnementaux aux populations riveraines.

Très peu d'études sont faites pour inventorier la diversité biologique de ces milieux, alors qu'il y a urgence de prise de conscience pour protéger les espèces forestières de ces milieux naturels [4].

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 SITE D'ÉTUDE

Notre étude est réalisée dans le groupement Kobo, chefferie Pelende-Nord (**Figure1**), territoire de Kenge, province du Kwango en République Démocratique du Congo.

Malgré les changements qui ont pu être observés depuis quelques années, dans son ensemble, le site d'étude et ses environs présentent un climat du type Aw_3 suivant la classification de Köppen, climat tropical humide avec deux saisons, une saison sèche à 3 mois et une saison pluvieuse à 9 mois. La saison pluvieuse commence au mois de septembre jusqu'au mois de mai (soit 9 mois) et la saison sèche débute de mi-mai à fin Août (soit 3 mois) [5].

La moyenne annuelle de hauteur pluviométrique est de 1600 mm. Elle atteint 1700 mm au centre-est de la région et 1500 mm dans la partie méridionale. Les températures moyennes mensuelles varient entre 25 et 28°C. Le maxima moyen s'élève à 25°C en saison pluvieuse et peuvent atteindre 31°C, tandis que le minima moyen s'abaisse respectivement à 17°C et 13°C en saison sèche. Sur le plan hydrographique, le site d'étude et le territoire de Kenge dans son ensemble ont un réseau hydrographique plus ou moins dense avec ses grandes rivières comme Kwango, Wamba et Bakali et leurs affluents [5], [6], [7], [8].

La végétation est constituée par deux grands types d'ensemble: les savanes et les forêts dégradées. L'écosystème savanicole est typique à celui du plateau de Bateke à dominance graminéenne avec quelques arbustes, caractérisé par les espèces comme *Antheophora cristata*, *Ctenium newtonii*, *Digitaria longiflora*, *Hyparrhenia diplandra*, *H. familiaris*, *Loudetia simplex*. La strate arbustive est caractérisée par les espèces comme *Annona senegalensis*, *Crossopteryx febrifuga* et *Hymenocardia acida*. Les écosystèmes forestiers commençant par la rivière Kwango jusqu'à Bakali passant par la Wamba ont connu une forte dégradation suite à une l'explosion démographique due à l'agriculture itinérante sur brûlis. On y trouve que des espèces indicatrices de régénération forestière comme *Hymenocardia ulmoides*, *Gaetnera paniculata*, *Chaetocarpus africanus*, *Alchornea cordifolia*.

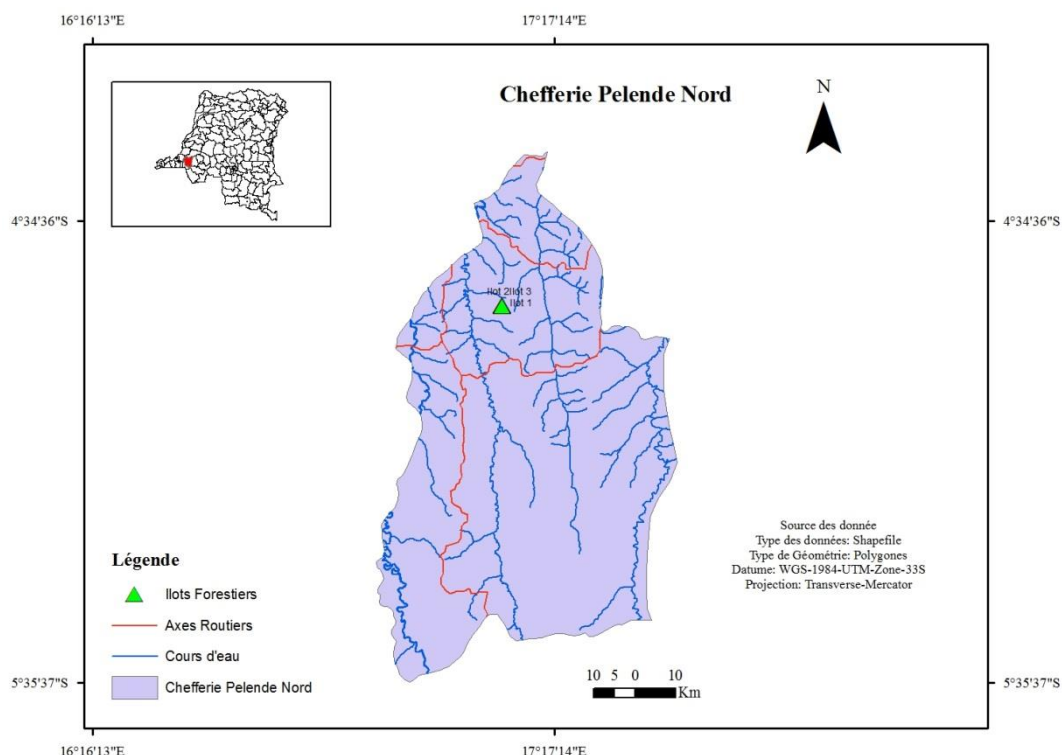


Fig. 1. Localisation des trois îlots forestiers dans la chefferie Pelende Nord

2.2 MÉTHODES D'ÉTUDE

Les différentes espèces végétales constituent nos matériels biologiques. Pour réaliser cette étude, nous nous sommes servis de quelques matériels d'usage courant à savoir, des carnets de terrain avec des stylos pour noter les informations sur terrain, des jalons et un décimètre rubané pour marquer des repères et séparer les layons. Un GPS (Garmin 60 Cx), nous a servi à la prise des coordonnées géographiques du site; deux sécateurs pour la cueillette des échantillons et un sac pour l'emballage des échantillons à identifier au laboratoire à l'Herbarium de Botanique Systématique du Département de Biologie de l'Université de Kinshasa; des presses, des cartons et des papiers journaux pour la constitution d'herbiers. Pour étudier la dynamique de la végétation, la phénologie et le comportement des espèces végétales ont été pris en compte, nos données ont été récoltées en deux périodes différentes: pendant la saison pluvieuse allant de février à mars, puis la saison sèche de juin à juillet 2022.

L'inventaire floristique a été fait en utilisant la méthode en transect, méthode utilisée par plusieurs auteurs [9], [10], [11], [12], [13] qui facilite la collecte des données d'un échantillonnage réalisé en ligne. Cette méthode, nous a procuré un double avantage: premièrement, elle a assuré un gain de temps, à faible coût de manière à estimer des densités des espèces végétales par observation directe (contact visuel avec l'arbre) et deuxièmement, elle a permis d'identifier les espèces végétales, leur composition et leur densité par unité de surface ainsi que la diversité biologique et l'indice de régénération forestière. Pour les individus multicauls, la touffe entière a été considérée comme un seul individu [14].

La végétation étant presque homogène, 15 transects de 5 mètres de largeur et 60 mètres de longueur ont été mis en place de manière aléatoire, soit 5 transects par îlot forestier.

2.3 TECHNIQUE D'ANALYSE DES DONNÉES

Les espèces végétales inventoriées ont été identifiées à l'aide de la combinaison de diverses clés [15], [16], [17], la classification botanique a tenu compte d'Angiosperm Phylogeny Group (APG IV) de [18]. L'actualisation de certains noms scientifiques et familles botaniques des espèces a été faite avec [19], [20]. Pour faciliter les analyses statistiques, les noms scientifiques ont été abrégés par 8 lettres dont les quatre premières indiquent le genre et les quatre dernières désignent l'épithète spécifique [20]. Les données ont été saisies à l'aide de Microft Excel 2010. L'analyse de la variance à un facteur (one-way analysis of variance) entre les groupes et à l'intérieur des groupes a été facilitée à l'aide de logiciel Past version 4.03 avec:

$$\text{Moyenne de carré} = \frac{\text{Somme de carré}}{\text{ddl}} \quad (1)$$

$$F = \frac{\text{Carré moyen de traitement}}{\text{Carré de l'erreur}} \quad (2)$$

$$\text{ddl entre traitement} = N-1; \text{ddl à l'intérieur de traitement} = n. (N-1). \quad (3)$$

$$\text{Calcul de } F = \text{Variance entre groupes} / \text{Variance à l'intérieur de groupes}. \quad (4)$$

Deux hypothèses sont vérifiées: (H_0) tous les trois milieux ont la même moyenne, l'hypothèse alternative (H_1) au moins l'un d'eux a une moyenne sensiblement différente des autres.

2.4 TYPES BIOLOGIQUES (Tb)

Les types biologiques de Raunkiaer (Life forms) sont une combinaison de caractéristiques morphologiques issues des adaptations des espèces aux conditions environnementales [21]. Nous avons fait usage aux types biologiques utilisés par certains auteurs comme [2], [21], [22], [23], [24], avec la base des données de [25] consultée en ligne en y associant également le jugement d'expert. C'est ainsi que nous classons les:

Phanérophytes (Ph): arbres, arbustes et arbrisseaux, lianes;

Chaméphytes (Ch): sous-arbrisseaux;

Hémicryptophytes (Hc): herbacées pérennes;

Géophytes (G): plantes à tubercules, rhizomes ou bulbes;

Thérophytes (Th): plantes annuelles.

2.5 TYPES PHYTOGÉOGRAPHIQUES

Les principaux types phytogéographiques (TP) utilisés sont ceux basés sur les grandes subdivisions chorologiques établies pour l'Afrique [26], [27], [28], [29], [30], [40], [41] dont les principaux sont:

1) espèces à large distribution qui regroupent

- Cosmopolites (Cosm) = espèces largement répandues à la surface du globe;
- Pantropicales (Pan) = espèces réparties dans toutes les régions tropicales: Asie, Afrique, Amérique;
- Afro-malgache (AM) = plantes connues dans l'ensemble de l'Afrique
- tropicale ou Madagascar;
- Afro-américaines (AA) = espèces présentes en Afrique et en Amérique tropicale;

2) espèces pluri-régionales africaines qui renferment

- Soudano-zambésiennes (SZ) = espèces présentes à la fois dans les Centres Régionaux d'endémisme Soudanien et Zambésien;
- Afro-tropicales (AfrTrop) = espèces distribuées dans toute l'Afrique tropicale;
- Afro-malgaches (AM) = espèces distribuées en Afrique et à Madagascar;
- Plurirégionales africaines (PA) = espèces dont l'aire de distribution s'étend à plusieurs Centres Régionaux d'endémisme;
- Guinéo-congolaises (GC) = espèces largement distribuées dans la Région guinéocongolaise
- Soudano-guinéennes (SG) = espèces présentes à la fois dans les Centres Régionaux d'endémisme Soudanien et guinéo-congolais

Des spectres pondérés ont été utilisés pour mettre en évidence la dominance de chaque type biologique ou phytogéographique comme dans [30].

2.6 INDICES DE DIVERSITÉ BIOLOGIQUE

L'analyse de diversité de la flore a été calculée sur base des différents indices selon [26], [27]:

- l'indice de diversité de Shannon et Weaver (ISH)

$$ISH = - \sum_{i=1}^N P_i \log_2 P_i \text{ où } P_i = (n_i/N) \quad (5)$$

Avec N = effectif des S espèces considérées; n_i = effectif des individus d'une espèce i; P_i = abondance relative de l'espèce i. Cet indice nous permet de mesurer la composition en espèces des peuplements en tenant compte du nombre d'espèces et de leur abondance relative.

- l'indice d'équitabilité (E): décrit la répartition des effectifs des différentes espèces d'un peuplement

$$E = 1/\log_2 S \quad (6)$$

Avec E = diversité observée; $\log_2 S$ = diversité théorique maximale.

3 RÉSULTATS

3.1 RICHESSE SPÉCIFIQUE

Le rapport détaillé en nombre d'espèces végétales par îlot forestier est présenté dans le **Tableau 1**.

Tableau 1. Rapport détaillé en nombre d'espèces végétales par îlot forestier

Ecosystèmes	Superficie en Hectare	Nombre des transects	Nombre d'espèces	Moyenne	%	Coefficient de variation
Îlot forestier 1	2	5	48	25.5±14,4	37.2	57.1
Îlot forestier 2	0.2	5	39	20±11.4	30.2	57.0
Îlot forestier 3	0.3	5	42	21.5±12.3	32.6	57.1

Les résultats du **Tableau 1** montrent que la superficie des différents îlots forestiers est variable soit 2 hectares pour le premier, 0,2 pour le second et 0,3 pour le troisième.

Avec le même de relevés en transect par îlot forestier, le nombre d'espèces est de 48, avec une moyenne de 25.5±14,4 pour le premier îlot forestier, 39 espèces soit une moyenne de 20±11.4 pour le deuxième îlot forestier et 42 espèces avec une moyenne de 21.5±12.3 pour le troisième îlot forestier.

Tableau 2. Spectre des espèces les plus rencontrées

Spectre des espèces	% îlot 1	% îlot 2	% îlot 3	Familles
<i>Aframomum albobolaceum</i>	4.3	3.3	2.5	Zingiberaceae
<i>Anthocleista schweinfurthii</i>	1.6	1.6	1.6	Loganiaceae
<i>Chaetocarpus africanus</i>	5.9	5.9	6.6	Peraceae
<i>Chromolaena odorata</i>	2.2	2.9	3.3	Asteraceae
<i>Costus afer</i>	3.2	2.0	3.1	Costaceae
<i>Erythrophleum africanum</i>	5.1	5.3	4.5	Fabaceae
<i>Gaertnera paniculata</i>	2.7	3.3	3.5	Rubiaceae
<i>Hymenocardia ulmoides</i>	5.5	4.9	4.9	Phyllanthaceae
<i>Markhamia tomentosa</i>	4.8	3.9	3.9	Bignoniaceae
<i>Morinda lucida</i>	2.4	1.9	0	Rubiaceae
<i>Barteria fistulosa</i>	0.5	0.9	0.8	Passifloraceae

Les espèces forestières les plus rencontrées dans les trois îlots forestiers sont répertoriées dans le **tableau 2** ci-haut. Il ressort de ces résultats que *Chaetocarpus africanus* est l'espèce la plus présente dans les trois îlots forestiers suivi de *Hymenocardia ulmoides*.

Les résultats sur la variation des différents indices biologiques sont présentés dans le **Tableau 3** ci-dessous.

Tableau 3. Indice de la diversité biologique par îlot forestier

Indices	Îlot For 1	Îlot For 2	Îlot For 3
Richesse spécifique (S)	48	39	42
Indice de Dominance (D)	0.03	0.04	0.03
Indice Shannon (H)	3.53	3.36	3.45
Indice Simpson_1-D	0.96	0.95	0.96
Indice d'équitabilité (J)	0.91	0.91	0.92

L'indice de diversité (D) est inférieur à 1, ce qui justifie la présence des espèces dans les trois milieux sous l'étude. L'indice de Shannon (H) nous a permis d'examiner la diversité spécifique de peuplement étudié. Il est de 3.53 pour le premier îlot forestier, 3.36 dans le deuxième îlot forestier et 3.45 dans le troisième îlot. Nous constatons qu'il est supérieur à 0, donc notre peuplement forestier étudié est hétérogène à l'opposé d'un peuplement homogène, où il serait égal à 0. Ce qui nous amène à dire que nous sommes en présence d'espèces différentes dans les trois îlots forestiers, puis que sa valeur augmente de façon logarithmique. Comme nous pouvons le constater les valeurs de H sont supérieures à 0, ce qui justifie la diversité spécifique qui caractérise les trois milieux. L'indice de Simpson est de 0.96 pour le premier îlot forestier, 0.96 pour le deuxième et de 0.96 pour le troisième îlot.

Les valeurs de l'équitabilité de Piélou (J) sont toutes élevées soit 0.9 pour les trois îlots forestiers, il montre un équilibre entre les écosystèmes étudiés, car les valeurs obtenues sont voisines de 1.

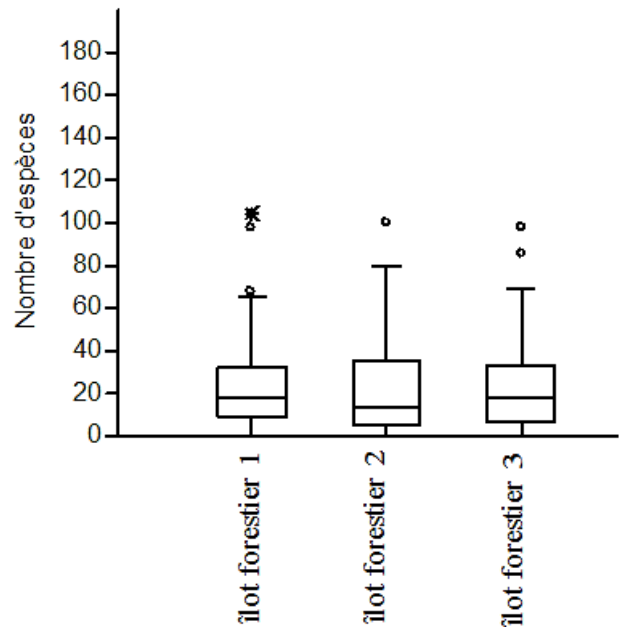


Fig. 2. Boîtes à moustache de trois îlots forestiers

Il ressort de ces boîtes à moustache ou boîte de Tukey de la **Figure2** ci-haut que dans le premier îlot forestier $n= 48$, avec une valeur supérieure de 105. Quant au second îlot, $n= 39$ la moyenne est de $20\pm11,4$ avec une valeur supérieure 100 et dans le troisième îlot forestier avec la borne supérieure qui est égale à 98. Toutes ces bornes supérieures sont liées des fréquences élevées des *Hyparrhenia spp* dans les lisières de ces trois îlots forestiers, ce qui justifie la présence de ces espèces qui caractérisent le milieu savanique de notre étude.

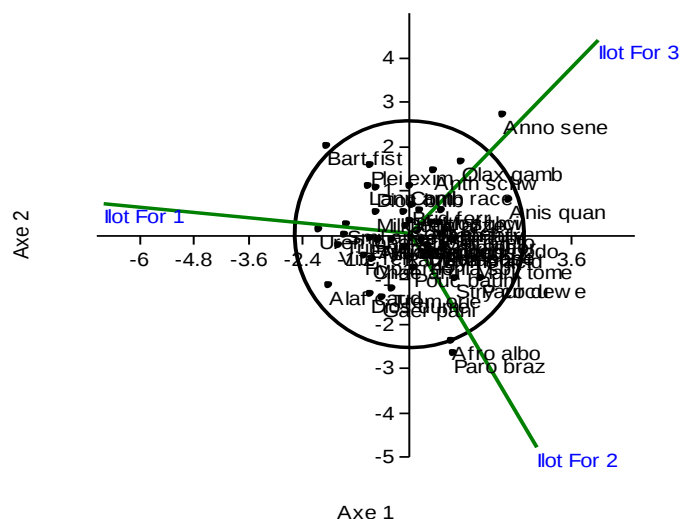


Fig. 3. Analyse factorielle des correspondances (AFC)

L'Analyse factorielle des correspondances (AFC) de la **figure 3**, nous a permis d'associer les espèces végétales avec leur milieu. Il ressort de cette analyse que le deuxième îlot forestier a été beaucoup plus perturbé par les feux de brousse ce qui fait qu'on y a identifié peu d'espèce que dans les deux autres (îlots 1 et 3) où on a constaté un afflux d'espèces forestières.

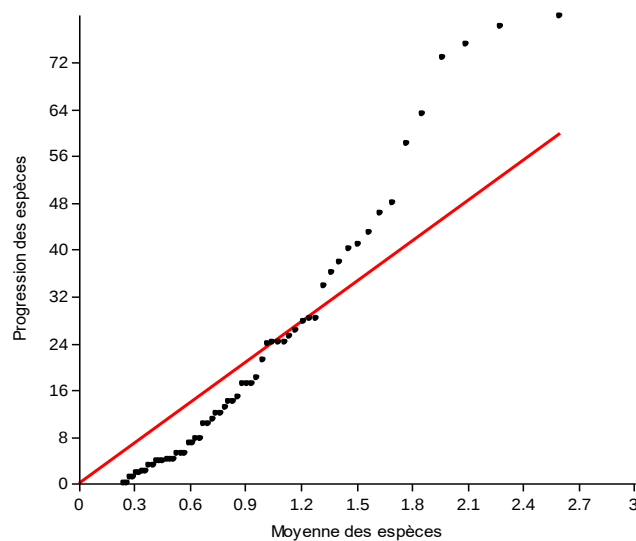


Fig. 4. *Regroupement des espèces autour de la droite de Henry*

La **Figure 4** montre la progression des espèces en fonction de temps dans les trois écosystèmes, et donne une présentation graphique de celles-ci permettant d'évaluer la normalité de leur distribution. Ce qui nous permet de constater que si ces écosystèmes ne sont pas perturbés, ils peuvent évoluer vers les écosystèmes forestiers adjacents.

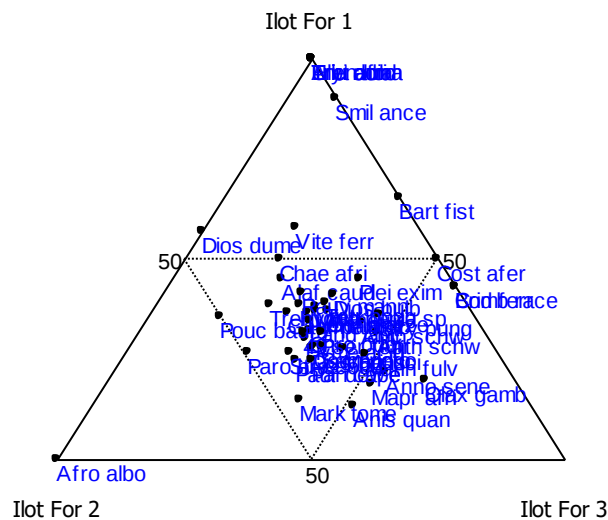


Fig. 5. Diagramme ternaire des espèces dans les trois îlots forestiers

Le diagramme ternaire nous donne la composition floristique spatiale en 3 facteurs des différentes espèces végétales dans les trois îlots forestiers sur terrain.

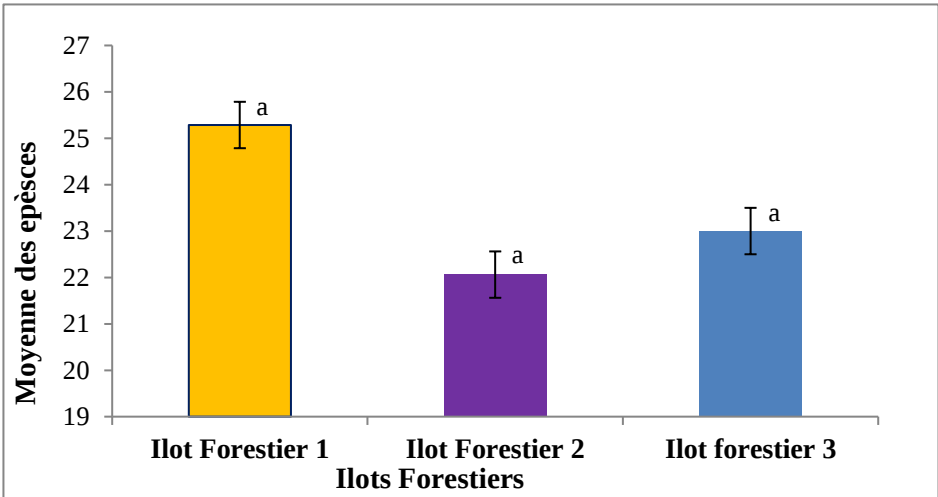


Fig. 6. Analyse de la variance (ANOVA) à un seul facteur entre les trois îlots forestiers

L’Anova à un seul facteur a été utilisée au seuil de 0,05%, il ressort de cette analyse qu’aucune différence significative n’a été constatée entre les trois îlots forestiers ($p=0,77$ avec la valeur de Fisher ($F=0,25$)).

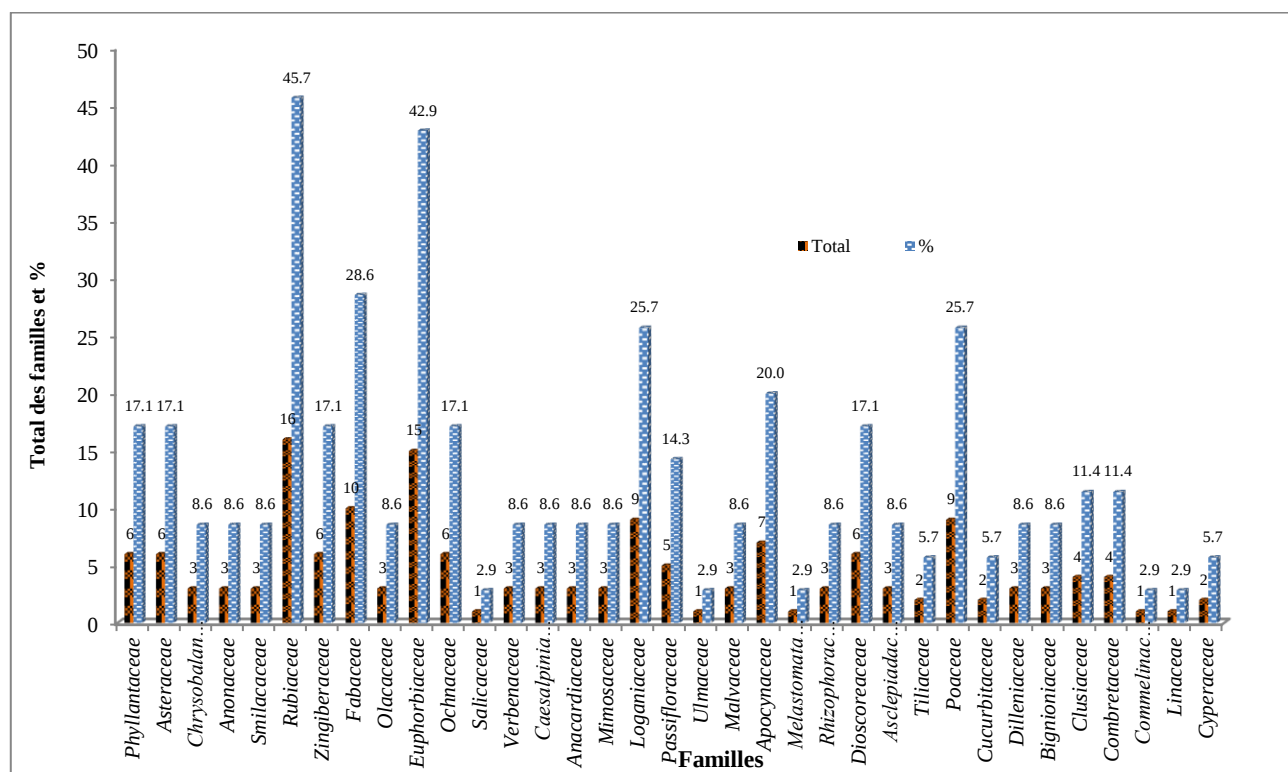


Fig. 7. Spectre des familles

Les résultats de la **figure 7** illustrent la richesse en nombre des familles qui est importante et variable en pourcentage. Comme nous pouvons le constater sur les 35 familles recensées, la famille des *Rubiaceae* est la plus présentée en première position avec 45,7%, celle des *Euphorbiaceae* viennent en deuxième position avec 42,9 %; la famille des *Fabaceae* vient en troisième position avec 28,6%. Les familles de *Loganiaceae* et *Poaceae* sont représentées à 25,7%. Les *Apocynaceae* avec 20%, les *Phyllantaceae*, *Asteraceae*, les *Zingiberaceae*, les *Ochnaceae*, les *Dioscoreaceae* occupent chacune 17,1%. La famille de *Passifloraceae* avec 14,3%, par contre les familles de *Chrysobalanaceae*, *Anonaceae*, *Smilacaceae*, *Olacaceae*, *Verbenaceae*, *Anacardiaceae*, *Mimosaceae*, *Malvaceae*, *Rhizophoraceae*, *Asclepidaceae*, *Dilleniaceae*, *Bignoniaceae* représentent toutes 8,6%. Les autres familles sont faiblement représentées.

3.2 ANALYSE DES TYPES BIOLOGIQUES

Les types biologiques dans les îlots forestiers étudiés sont présentés par la **figure 8** ci-dessous.

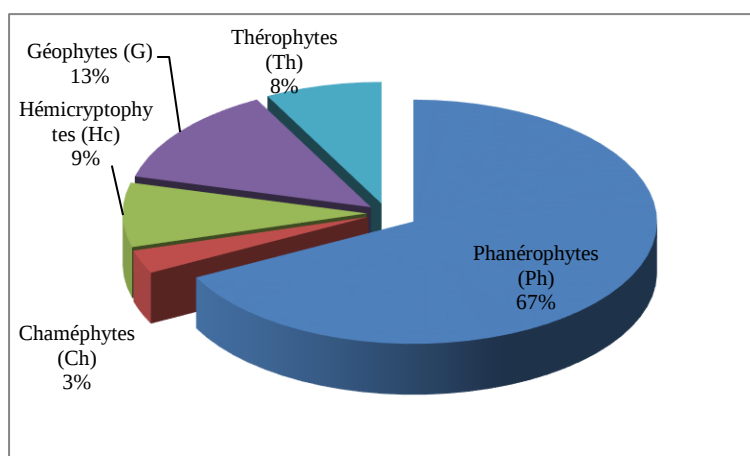


Fig. 8. Types biologiques des espèces dans les 3 îlots forestiers

Il ressort de ces résultats, **figure 8** que les types biologiques les plus rencontrés dans les trois milieux sont les Phanérophytes qui totalisent à eux seuls 67,4% vient en deuxième position par les Géophytes qui totalisent 13,2%, les Chaméphytes sont les moins représentés et viennent en dernière position avec 3,1%.

3.3 ANALYSES DES TYPES MORPHOLOGIQUES

Les différents types morphologiques dans les îlots forestiers étudiés sont présentés par la **figure 9** ci-dessous.

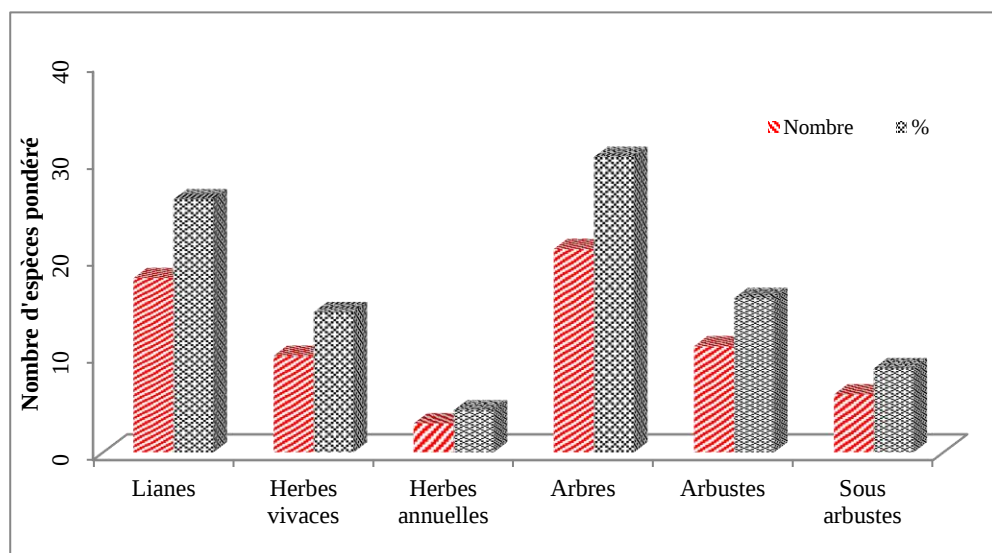


Fig. 9. Types morphologiques des espèces dans les 3 îlots forestiers

Les résultats de la **figure 9** présentent les différents types morphologiques des espèces inventoriées dans les trois îlots forestiers. Comme nous pouvons le constater, les arbres sont les plus représentés et totalisent 21 espèces soit 30,4%. Parmi ces arbres, nous signalons la présence de *Markhamia tomentosa*, *Harungana madagascariensis*, *Erythrophleum africanum* et *Macaranga monandra* qui leurs ombrages ont un recouvrement important et empêchent le développement des Graminées qui sont les espèces pionnières de savane.

Les lianes viennent en deuxième position avec 18 espèces soit 26,1%. Les herbes annuelles sont les moins représentées avec 3 espèces soit 4,3%.

3.4 ANALYSE DES TYPES PHYTOGÉOGRAPHIQUES

Les différents types phytogéographiques dans les 3 îlots forestiers étudiés sont présentés par la **figure 10** ci-après.

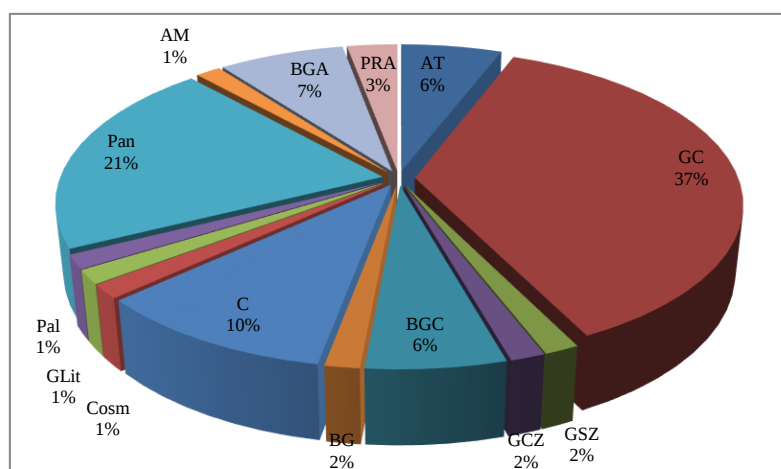


Fig. 10. Types phytogéographiques

Les résultats sur les types phytogéographiques **figure 10**, montrent une dominance des types Guinéo-Congolaise (GC) à 37%, viennent en deuxième position les Pantropicales avec 21%. Les espèces de Bas-Guinéenne (BG), Guinéo-congolaises et zambéziennes (GCZ) et guinéenne littorale (GLit) sont moins représentées avec 1% seulement.

4 DISCUSSION

Les inventaires floristiques montrent trois familles hautement représentées, il s'agit de *Rubiaceae*, *Euphorbiaceae* et *Fabaceae*, familles caractéristiques des forêts en milieu tropical. Ces résultats sont déjà prouvés par les études de [1], [2], [27], [28]. Malgré les petites superficies prospectées en hectare (2; 0,2; et 0,3) respectivement pour le premier, le second et le troisième îlot forestier, la richesse floristique est importante soit 129 espèces dans l'ensemble, elle est cependant non exhaustive pour la zone d'étude, car beaucoup d'espèces herbacées annuelles, surtout les *Poaceae* ont échappé au contrôle et n'ont pas été inventoriées, fait déjà remarqué par [29]. De toutes les espèces recensées, les phanérophytes sont les plus représentées, l'importance considérable des phanérophytes traduit les stratégies adaptatives des végétaux qui correspondent à la stratégie compétitive de ces espèces dans les conditions extrêmes, nos résultats corroborent ceux de [29], [30]. Les espèces rencontrées dans ces îlots forestiers, constituent dans la plupart de cas un puits de ressources phytogénétiques pour l'alimentation et phytothérapeutiques pour les tradipraticiens qui prélèvent les organes souterrains et aériens (les feuilles, les écorces et les fruits) pour divers usages, les feuilles semblent être les parties les plus utilisées, nos observations rejoignent celles déjà faites par [30], [31].

Les espèces indicatrices de la régénération forestière sont *Anthocleista schweinfurthii*, *Barteria fistulosa*, *Chaetocarpus africanus*, *Hymenocardia ulmoides*, *Markhamia tomentosa*, *Harungana madagascariensis*, ces résultats vont dans le même sens que ceux déjà signalés par [8], [31], [32] comme espèces de la régénération forestière en savane protégée contre le feu, lesquelles espèces sont dans les écosystèmes forestiers adjacents.

Nos résultats révèlent également le caractère évolutif et perturbé de cette végétation par le feu de brousse régulier, ce qui empêcherait l'évolution ces îlots forestiers, ces résultats aussi constatés par d'autres auteurs comme [33], [34], [35].

Les arbres et les lianes sont plus nombreux en milieux non anthropisés qu'en plantation. Le défrichement de ces îlots forestiers pourra constituer des menaces pour la survie de ces plantes. Ces mêmes observations ont été signalées également par [36], [37]. L'effectif élevé d'espèces d'arbres traduit le niveau évolutif de la végétation et témoignent des conditions favorables offertes par cette zone pour la multiplication et le développement des espèces ligneuses. Ces résultats corroborent ceux de [37].

La présence et l'importance des lianes, caractéristiques intéressantes de ces formes biologiques ont retenu depuis longtemps l'attention des botanistes, signalées par certains auteurs comme [37], [38], en effet, les lianes contribuent de façon substantielle à la diversité des forêts; elles servent de nourriture (*Dioscorea bulbifera*) de la population locale; elles sont largement utilisées pour la médecine (*Tetracera poggei*), pour construction des maisons, et l'artisanat (*Manniophyton fulvum*, *Millettia theuszi*), et elles jouent également un rôle substantiel dans la régénération des forêts.

5 CONCLUSION

La présente étude a permis de mettre en place une meilleure connaissance endogène de la composition floristique et des caractéristiques structurales des groupements de la végétation de certains milieux souvent méconnaissables. Les résultats nous permettent de conclure que les espèces végétales identifiées dans les îlots forestiers sont celles que l'on trouve dans les écosystèmes forestiers voisins. Ceci montre l'importance et le rôle crucial de ces milieux qui peuvent fournir des nombreux services écosystémiques. Une fois bien conservés, ces îlots forestiers peuvent évoluer et réduire les pressions anthropiques sur les forêts qui sont les milieux plus exploités. Cette étude ouvre les pistes de recherche dans cette zone et évoque le souci de conservation de la biodiversité locale, avec la prise en compte des besoins et aspirations des populations riveraines.

REFERENCES

- [1] Ruffin Nsielolo Kitoko, Olivier Mbonigaba Kamuzinzi, Reagen Ibula Matumona et Blanchard Tebo Kulapa, Etude d'inventaire floristique d'un îlot forestier naturel à Kinshasa: Cas de l'Université de Kinshasa, République Démocratique du Congo, République Démocratique du Congo. International Journal of Innovation and Applied Studies Vol. 36 N° 2 (2022), 535-544.
- [2] Ruffin NSIELOLO KITOKO, Bernadin Joël KIYULU N'YANGA NZO et Rodrique NDUNGU MUKWELA, Inventaire floristique de la forêt sacrée de Wuya dans la province du Kongo-central en République Démocratique du Congo. Afrique SCIENCE 16 (1) (2020) 218 – 225.
- [3] Nicole Fenton, Louis Imbeau, Alain Leduc, Marc Mazerolle, Pierre Drapeau, Sylvie Gauthier Bergeron, Marion Barbé, Louiza Moussaoui, Émilie Chavel, Joëlle Castongauy, Dominique, Geneviève Potvin, Michel Leboeuf, ILOTS FORESTIERS: la rétention au service de la Biodiversité, Fiche technique No. 9. 2 p.

- [4] Michel MÜHLENBERG, Anh GALAT-LUONG, Pierre POILECOT, Bernd STEIHAUER-BUKART et Ingeträut KÜHN, L'importance des îlots forestiers de savane humide pour la conservation de la faune de forêt dense en Côte d'Ivoire, *Rév. Ecol. (Terre Vie)*, vol. 45, (1990) 197-214.
- [5] Joseph Zenga Kubuisa, Jean Omasombo Tshonda, Guillaume Léonard, Zéphyrin M'pene Ngululey, Mathieu Zana Etambala, Edwine Simons, Joris Krawczyk, Mohamed Laghmouch (2012), Kwango, le pays de Bana lunda 452 p.
- [6] A. BILOSO (2008): Valorisation des produits forestiers non ligneux des plateaux des Batéké en périphérie de Kinshasa (RD Congo), Thèse de doctorat en Sciences Agronomiques, Université Libre de Bruxelles, 252p.
- [7] R. K. KASONGO (2010): Amélioration de la qualité des sols sableux du plateau des Batéké (RD Congo) par application des matériels géologiques et des déchets organiques industriels locaux» Thèse de doctorat en Sciences de la Terre, Faculté des Sciences, Université de Gent, 400p.
- [8] K. R. NSIELOLO (2006): Régénération forestière assistée avec *Millettia laurentii* De Wild. dans les savanes mises en défens à Ibi-village au plateau des Batéké/RDC, Thèse, Université de Kinshasa/Eraift, Kinshasa, 188 p.
- [9] GRANT, I.F. et TINGLE, C.C.D., «Méthodes de suivi écologique pour évaluer les effets des pesticides dans les Tropiques. Chatham, R-U: Natural Resources Institute, (2002) ». 418p.
- [10] Adam Y., Béranger C., Delzons O., Frochot B., Gourvil J., Lecomte P., Parisot-Laprun M., «Guide des méthodes de diagnostic écologique des milieux naturels - Application aux sites de carrière, UNPG, 3 rue Alfred Roll 75849 - Paris Cedex 17, (2015), 390p.».
- [11] L. Mathot et J.L Doucet: Méthode d'inventaire faunique pour le zonage des concessions en forêt tropicale, (2006), BOIS ET FORÊTS DES TROPIQUES, 287, (1), 59-60.
- [12] F. Pousin, A. Marco, V. Bertaudière-Montès, C. Barthélémy et N. Tixier, « Le transect: outil de dialogue interdisciplinaire et de médiation», *Vertigo-la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Hors-série 24 | juin 2016, mis en ligne le 10 juin 2016, <http://vertigo.revues.org/17372>; DOI: 10.4000/vertigo.17372.
- [13] H.Kühl, F. Maisels, M. Ancrenaz & E.A Williamson, « Lignes directrices pour de meilleures pratiques en matière d'inventaires et de suivi des populations de grands Singes. Grand Suisse, Groupe de spécialistes des primates de la CSE de l'UICN, (2009)», 32p.
- [14] Nsielolo K. R., Lejoly J., Habari M. J.P, Aloni K. J., Effets de lisière et de litière dans des savanes mises en défens contre les feux à Ibi-village/République Démocratique du Congo, *Revue Scientifique et Technique Forêt et Environnement du Bassin du Congo*, (2015), (5) 54-61.
- [15] Latham P. et Konda ku Mbuta, «Quelques plantes utiles du Bas-Congo province, République Démocratique du Congo», (2006), 330p.
- [16] Pauwels L., «Plantes vasculaires des environs de Kinshasa. J.B.N.B Meise», (1982), 122p.
- [17] Pauwels L., Nzayilu N'ti. «Guide des arbres et arbustes de la région de Kinshasa-Brazzaville. J.B.N.B Meise», (1993), 495p.
- [18] APG IV (2016); Judd W et al. (2016); Simpson M (2010); Soltis DE et al. (2005/2011/2014); Watson/Dallwitz (2018).
- [19] La liste des plantes (2013). Version 1.1. Publié sur Internet; <http://www.theplantlist.org/> (consulté le 10 mars 2023).
- [20] Nsielolo K.R., «Régénération forestière assistée avec *Millettia laurentii* De Wild. dans les savanes mises en défens à Ibi-village au plateau des Batéké/RDC, Thèse de Doctorat, Université de Kinshasa/ERAIFT» (2016), 177p.
- [21] Sirvent L., 2020. «Les types biologiques: Etat de l'art, actualisation des définitions et mise en place d'un référentiel. Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles. » 64 p.
- [22] O. HAGERUP «Étude des types biologiques de Raunkjær, dans la flore autour de Tombouctou » (1930), 130p.
- [23] E. S MIABANGANA et C. LUBINI AYINGWEU, Analyse floristique et phytogéographique de la végétation de l'île Loufézou à Brazzaville (République du Congo), *Geo-Eco-Trop*, 2015, 39, 1: 55-66.
- [24] Kouao J. KOFFI, Dominique CHAMPLUVIER, Danho F. R. NEUBA, Charles DE CANNIERE, Traoré DOSSAHOUA, Jean LEJOLY, Elmar ROBBRECHT et Jan BOGAERT, Analyse de la distribution spatiale des *Acanthaceae* en Afrique Centrale et comparaison avec les théories phytogéographiques de Robyns, White et Ndjele, *Sciences & Nature* Vol. 5 N° 2: 101 - 110 (2008).
- [25] L. Pauwels in <http://www.nzenzefflowerspauwels.be/Sigles1.htm>, consulté le 15.07.2023.
- [26] Dibi Hyppolite N'DA, Yao Constant Yves ADOU, Kouakou Edouard N'GUESSAN, Moussa KONE et Yao Charles SAGNE, Analyse de la diversité floristique du parc national de la Marahoué, Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, *Afrique SCIENCE* 04 (3) (2008) 552 – 579.
- [27] Guillaume MONTCHO, Mama DJAUGA et Brice TENTE, Structure et diversité floristique dans la forêt classée des trois rivières, à l'est de l'axe Dunkassa-Monrou, République du Bénin, *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 39 (2022) 100 – 127.
- [28] F. White, 1986 «La végétation de l'Afrique, Mémoire accompagnant la carte de végétation de l'Afrique Unesco/AETFAT/UNSO, Orstom - Unesco» 391p.
- [29] Victor KIMPOUNI, Paul MBOU, Gabriel GAKOSSO et Marcel MOTOM, Biodiversité floristique du sous-bois et régénération naturelle de la forêt de la Patte d'Oie de Brazzaville, Congo, *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7 (3): 1255-1270.
- [30] MELOM Serge, MBAYNGONE Elisée, BECHIR Ali Brahim, RATNAN Ngadoun et MAPONGMETSEM Pierre Marie, Caractéristiques floristique et écologique des formations végétales de Massenya au Tchad (Afrique centrale), *Journal of Animal & Plant Sciences*, 2015. Vol.25, Issue 1: 3799-3813.
- [31] Kwassi Dauphner Serges S. Amani, Faustine Akossoua Kouassi, Emma Ablan Aké-Assi, Diversité Floristique des Plantes à Potentialité Décorative Issues des Formations Naturelles du Nord de la Côte d'Ivoire, *European Scientific* Vol.15, No.15.

- [32] Tatie MASHARABU, Nausicaa NORET, Jean LEJOLY, Marie José BIGENDAKO, & Jan BOGAERT, Etude comparative des paramètres floristiques du Parc National de la Ruvubu, Burundi, *Geo-Eco-Trop.*, 2010, 34: 29 – 44.
- [33] Guy ILUMBE BAYELI, Véronique JOIRIS, Gustave Nyamangombe LOHANDJOLA et Jean-pierre HABARI, Contribution à l'étude des plantes médicinales utilisées dans le traitement des abcès dans le territoire de Bikoro, province de l'Equateur en RDC, *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 13 (1): 353-368.
- [34] Nsielolo K. R., Lejoly J., Habari M. J.P., Aloni K. J., Effets de lisière et de litière dans des savanes mises en défens contre les feux à Ibivillage/République Démocratique du Congo, *Revue Scientifique et Technique Forêt et Environnement du Bassin du Congo*, Volume 5. P. 54-61, (2015).
- [35] Kiari Ayimi Kolo Kaou, Ousmane Laminou Manzo, Iro Dan Guimbo, Saley Karim, Rabiou Habou, Roger Paul, Diversité floristique et structure de la végétation dans la zone dunaire du sud-est du Niger: Cas de Mainé soroa, *Journal of Applied Biosciences* 120: 12053-12066 (2017).
- [36] Marie-Thérèse Kouamé N'Dri, Guy Modeste Gnahoua, Arbres et lianes spontanés alimentaires du département de Gagnoa (centre-ouest de la Côte d'Ivoire), *BOIS ET FORÊTS DES TROPIQUES*, 2008, N° 298 (4) 65-75.
- [37] Bararunyeretse Prudence, Jan Bogaert, Nzigidahera Benoit, Tatie Masharabu et Habonimana Bernadette, Dynamique forestière sous l'effet de lisière au Parc National de la Kibira (Burundi), *Bull. sci. Inst. natl. environ. conserv. nat.* 10: 25-34 (2012).
- [38] G. CREMERS, Architecture de quelques lianes d'Afrique Tropicale, *Candollea*, 28: 249-280 (1973).
- [39] Christelle Flore Gonmadje, Charles Doumenge, Terry C.H. Sunderland, Michael P.B. Balinga & Bonaventure Sonké, Analyse phytogéographique des forêts d'Afrique Centrale: le cas du massif de Ngovayang (Cameroun), *Plant Ecology and Evolution* 145 (2): 152–164, 2012.
- [40] Bruno SENTERRE, 2005 «Recherches méthodologiques pour la typologie de la végétation et la phytogéographie des forêts denses d'Afrique tropicale Thèse de Doctorat, Université Libre de Bruxelles (ULB), Faculté des Sciences, 477p.
- [41] Honoré BELESI KATULA K., 2009 «Etude floristique, phytogéographique et phytosociologique de la végétation du Bas-Kasai en République Démocratique du Congo» Thèse de Doctorat, Université de Kinshasa, Faculté des Sciences, 565p.

KIMVULA: Un espace sous-développé à l'Est de la province du Kongo Central (République Démocratique du Congo)

[KIMVULA: An underdeveloped area in the East of Kongo Central Province (Democratic Republic of Congo)]

Marie Honorine Lugangu¹, Félicien Lukoki², Vuni Simbu Alexis³, Bifubiambote Salambuaku Giresse³, and Aloni Komanda Jules⁴

¹Département d'Histoire, Gestion du Patrimoine et Développement, Section des Lettres, Langues et Arts, Institut Supérieur Pédagogique, Mbanza-Ngungu, Kongo Central, Mbanza-Ngungu, RD Congo

²Mention Sciences de la vie, Faculté des Sciences et Technologie, Université de Kinshasa, RD Congo

³Mention Géosciences, Faculté des Sciences et Technologie, Université de Kinshasa, RD Congo, Faculté des Agronomiques, Université Kasa -Vubu, ville de Boma, Kongo central, RD Congo

⁴Mention Géosciences, Faculté des Sciences et Technologie, Université de Kinshasa, RD Congo, Faculté des Sciences Agronomiques et environnement, Université Kongo, Mbanza-Ngungu, Kongo central, RD Congo

Copyright © 2024 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 objectives of this study are to identify the actors and actions that contribute to the development of the regional area of Kimvula, to demonstrate that the territory of Kimvula is underdeveloped, to show the problems of this situation and the strategies to ensure the integral development and to solve the problem of its poor development.

The results obtained from this study affirm that the level of the development is in decline (opinion of 60 percent of subjects surveyed), or in stagnation (opinion of 34.5 percent of subjects surveyed) and without opinion (opinion of 5.5 percent of subjects surveyed). The long-term development of Kimvula therefore requires diversification of their economies into the production of tradable goods. It is also necessary in the medium term because the territory is isolated from a possible reversal, even temporary, in the current trend in raw material prices. Diversification of production can follow several directions.

The evacuation of agricultural products is a first path. But also, significant investments in transport infrastructure and the rehabilitation of agricultural service roads.

National governments and international development agencies have neglected for too long the potential that the territory of Kimvula represents.

KEYWORDS: underdevelopment, space, socio-economic impacts, Kimvula.

RESUME: La présente étude a pour objectifs de dégager les acteurs et les actions qui contribuent au développement de l'espace régional de Kimvula, de démontrer que le territoire de Kimvula est sous-développé, de montrer les problèmes de cette situation et les stratégies pour assurer le développement intégral et pour résoudre le problème de son mal développement.

Les résultats obtenus de cette étude affirment que le niveau de développement est en déclin (avis de 60 % de sujets enquêtés), soit en stagnation (avis de 34,5 % de sujets enquêtés) et sans opinion (avis de 5,5% de sujets enquêtés).

Le développement à long terme de Kimvula nécessite donc une diversification de leurs économies dans la production de biens échangeables. Elle est aussi nécessaire à moyen terme car le territoire est enclavé vis-à-vis d'un retournement possible, même temporaire, du trend actuel des prix des matières premières. La diversification de la production peut suivre plusieurs directions. L'évacuation des produits agricoles est une première piste. Mais aussi des investissements importants en infrastructures de transport et

la réhabilitation des routes de dessertes agricoles. Les gouvernements nationaux et les agences internationales de développement ont trop longtemps négligé le potentiel que représente le territoire de Kimvula.

MOTS-CLEFS: sous-développement, espace, impacts socioéconomiques, Kimvula.

1 INTRODUCTION

Cette étude se propose d'analyser la situation d'une région en crise que nous avons délibérément qualifiée comme espace sous-développé. Ce terme signifie un espace marqué par un système aux possibilités de développement relativement étroite et par une déconfiture des structures d'encadrements [1] ou encore un espace où la situation sanitaire et économique est très mauvaise. Selon cette définition, la région géographique de Kimvula peut être rangée dans la catégorie de région de dépression régionale où l'évolution socioéconomique est moins favorable que celle qui peut être considéré comme la moyenne nationale [2].

Cette région pauvre en développement mérite par conséquent une attention spéciale. Les limites des potentialités dans la région de Kimvula sont bien connues [3], [4] et [5]. D'une part, un sous-peuplement au regard des potentialités naturelles et d'autre part une économie dépendante en quasi-totalité de la production agricole. Kimvula, selon des nombreuses observations, c'est son enclavement qui serait à la base de cette situation. En effet, autrefois prospère, comme le signale [6], Kimvula est redevenu un territoire de migration. Toute sa population surtout jeune migre vers les centres situés le long de la route nationale n°1 en transit vers Kinshasa en quête d'emplois hypothétiques. Ceci ne permet plus la réalisation de son intégration régionale. Le siège du territoire est reconnu seulement comme centre administratif. Diverses études ont déjà été réalisées sur l'économie rurale dans plusieurs provinces de la RDC [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15] et [16]. Mais hormis les travaux de [17] et [18] plus aucune étude géographique détaillée n'a été faite sur ce territoire après cette époque mémorable [5]. Il n'existe aucun projet de développement rural, encore moins sur leurs impacts respectifs sur le mode de vie des paysans bénéficiaires. Au regard de cette réalité, notre problématique se construit autour des questions suivantes:

- Existe-il des acteurs qui contribuent au développement de l'espace régionale de Kimvula ?
- Dans quelle direction de développement leurs actions sont-elles orientées ?
- Comment la population perçoit-elle ces actions ?
- Quelles sont les problèmes liés au développement du secteur agricole dans le territoire de Kimvula et quelle priorité formule-t-il ?
- Pourquoi et comment Kimvula est-il devenu en crise ?

Les réponses à ces questions permettront de caractériser le développement de Kimvula qui constitue l'élément central de la présente recherche. Ainsi les hypothèses de l'étude se résument comme suit:

- Les acteurs du développement sont faiblement présents dans le territoire de Kimvula;
- Les actions ou projets de développement rural intervenus dans la zone seraient faiblement corrélés aux priorités agricoles;
- Les perceptions de niveau de développement par la population seraient soit comme en déclin ou soit en stagnation;
- Les problèmes liés au développement du secteur agricole seraient nombreux et divers;
- Les priorités formulées par les populations seraient surtout l'amélioration des infrastructures routières pour stimuler la productivité de la population, l'extraction des produits agricoles vers les centres de consommation et des communiqués

Cette étude revêt un grand intérêt dans la mesure où elle permet de mettre à la portée du monde scientifique et des décideurs, des données actualisées sur le développement socioéconomique du territoire « sous-développé » de Kimvula.

2 MATÉRIELS, MÉTHODES ET TECHNIQUES

2.1 MILIEU D'ÉTUDE

La présente étude a été réalisée dans le territoire de Kimvula à l'Est de la province du Kongo Central. Il est limité à l'Est par la province de Kwango, à l'Ouest par le territoire de Madimba, au Nord par la ville province de Kinshasa et au Sud par l'Angola. L'espace Kimvula est situé entre 15°30' et 16°30' de longitude Est et entre 5° et 6° de latitude Sud, ce qui fait de lui un pays tropical où règne un climat subéquatorial. Sa superficie est d'environ 3.371 km² et sa densité s'élève à 16 habitants au km² [18]. La route nationale n°16, Inkisi-Kimvula-Popokapka la traverse dans sa partie sud (figure 1).

L'environnement de Kimvula est caractérisé par un relief accidenté : composé d'un plateau qui va de la N'sele jusqu'à la rivière Kwango [17]. Ce paysage presque monotone est brutalement interrompu par les vallées où coulent les rivières : N'sele, Bombo, Mpuasi, Lumene, Lufimi, Benga, Lubisi et Kwango. La plus grande partie du plateau est faite d'une surface plane régulière sur de grandes étendues à plus de 1.100 m d'altitude vers le Sud à la frontière avec l'Angola puis s'abaisse jusqu'à 600-700m vers le Nord. Les vallées se développent dans des terrains sablo-argileux d'âge secondaire [18]. Le territoire de Kimvula est avant tout un pays d'une économie

agricole vivrière [3], [4], [5]. C'est le pays du Sésame, mais qui n'affirme pas cet ensemble comme une entité économique compétitive. Il n'existe ni chemin de fer, ni voies navigables. La seule voie pour le transport et l'évacuation de la production agricole est la route nationale n°16. Le territoire de Kimvula est organisé en 3 secteurs et 11 groupements (figure 1) à savoir:

- ✓ Le secteur de Benga, constitué de 4 groupements: Kimankundi, Kimvidi, Kinsimbu-Lukeni et Kongo-Mbuba;
- ✓ Le secteur de Lubusi avec 3 groupements: Kimabaka, Nsaka et Pangala;
- ✓ Le secteur de Lula-Lumene subdivisé en 4 groupements: Kimpisiala, Lula-Lumene, Mbakani et Nseke

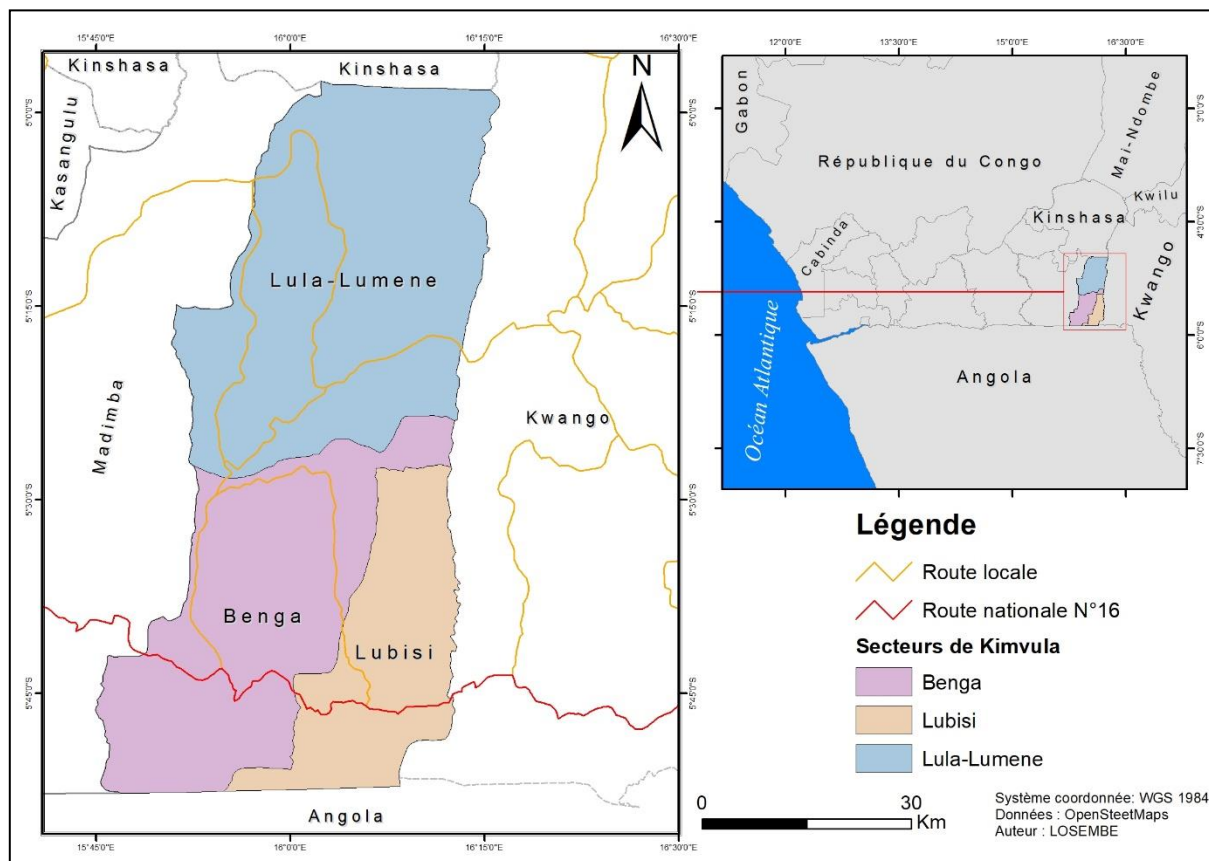


Fig. 1. Localisation du territoire de Kimvula

2.2 MATÉRIEL

Pour avoir des données scientifiques fiables publiables, nous avons utilisé le matériel approprié comprenant: un GPS de marque Garmin pour matérialiser divers points repérés, des fiches d'enquête préétablies, un carnet de terrain pour la prise de notes et les cartes géographiques. Pour la saisie de données, les logiciels Microsoft Word 2016, Microsoft Excel 2010 version 20 ont été utilisés. Les principaux acteurs (autorités locales, paysans, commerçants) qui interviennent dans ce monde rural ont été intéressés.

2.3 MÉTHODES ET TECHNIQUES

L'approche méthodologique qui nous a guidé a été constitué d'un ensemble d'enjeux liés aux choix des méthodes de recherche et des techniques de collecte et d'analyse des données. De façon concrète, nous avons utilisé la méthode d'observation directe, l'interview et l'approche participative. Les principales méthodes d'approche sont descriptives et systémique. Elles ont permis de faire l'autopsie du territoire étudié, pour en dégager les facteurs de sous-développement et ses conséquences. L'interview guidée par un questionnaire a consisté en des entretiens avec la population, les responsables de l'administration publique, les agents du territoire, du service de développement rural et de l'agriculture pour actualiser et compléter les lacunes documentaires. Il s'agit des échanges de points de vue avec la population pour nous fournir les données utiles ou leurs opinions par rapport au niveau de développement du territoire de Kimvula. Les données ont été traitées sous forme des moyennes sur Excel 2010.

Quant aux techniques, nous avons recouru à la recherche documentaire pour rassembler des informations concernant notre problème relative à des inventaires bibliographique à partir d'écrits, sur le thème. Elle a surtout servi à orienter la recherche en fonction des différentes études empiriques effectuées par d'autres chercheurs concernant le sujet de la recherche au niveau de la zone d'étude.

Elle a également permis d'inscrire la recherche dans les théories et concepts clés liés au développement en général et au développement rural en particulier. Ces informations ont été utilisées pour formuler les objectifs et les hypothèses de la recherche, mais également d'obtenir des informations sur la situation économique et sur les éventuels projets de développement intervenus dans ce secteur. L'entretien a été utilisé pour déterminer la nature des informations à recueillir ainsi que la recherche des informations complémentaires par le biais des personnes ressources.

Des entretiens individuels ont été aussi effectués auprès des spécialistes en développement rural, et au niveau des autorités locales de trois secteurs du territoire de Kimvula, qui sont censés détenir des informations générales pertinentes sur la situation du développement au niveau de leur secteur. Ils ont permis ainsi, par rapport à la recherche de mieux nous approprier des informations portant sur les individus concernés, la perception des paysans sur les actions de développement et leurs attentes pour l'amélioration de leurs conditions de vie. Nous avons procédé à une pré-enquête et à l'échantillonnage, à l'enquête par questionnaire et à l'interview. Trois localités par secteur ont été prises en compte. 90 personnes (autorités locales, paysans et commerçants) ont été enquêtées à raison de 30 personnes par secteur (Lula-Lumene, Lubisi et Benga). Avec cette façon de procéder, nous avons déterminé s'il y a développement ou non du territoire de Kimvula.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les différents résultats obtenus sont repris dans les figures 2 à 6.

3.1 ACTEURS DU DEVELOPPEMENT DANS LE TERRITOIRE DE KIMVULA

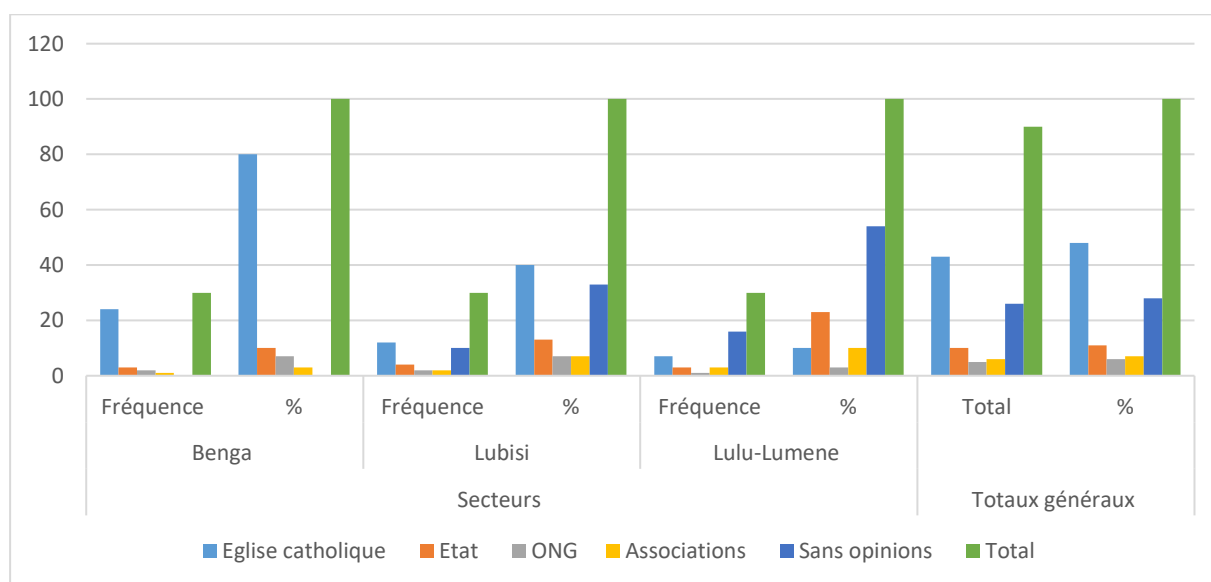


Fig. 2. Avis des sujets enquêtés relatifs aux acteurs du développement dans le territoire de Kimvula

Source: Enquêtes

L'analyse comparée de données de la figure 2 révèle que sur 90 sujets enquêtés, 48% affirment reconnaître les interventions de l'église catholique en matière de développement dans le territoire de Kimvula. De fait, le diocèse de Kisantu a longtemps soutenu le territoire de Kimvula, par le biais du bureau diocésain de Développement (BDD). Ces interventions sont bien connues avec le Plan de Développement Local (PDL). Il est élaboré dans le cadre du projet: « Promotion de l'Entrepreneuriat et d'Accès à la souveraineté alimentaire sur de l'entrepreneuriat agro-écologique et socioéconomique des organisations paysannes basé sur un rôle protagoniste des femmes et jeunes. C'est un programme biannuel piloté par le bureau diocésain de Caritas-Développement (BDD) sous la Coordination Caritas Développement Santé (CCDS). Son objectif est d'accompagner le comité local de gouvernance participative (CLGP). Ils ont les 2 missions principales suivantes: la plaidoirie favorisant un état de droit sur les tracasseries administratives et policières, sécurité des biens et des personnes ainsi que de favoriser la mise en œuvre des activités d'intérêt communautaire, de procéder après l'analyse des contextes, à l'élaboration et à la mise en œuvre des PDL sur les actions d'intérêt communautaire, telles que l'épineuse question foncière, des infrastructures rurales communautaires (entretien des routes, aménagement des marchés, la protection et restauration de l'environnement, l'hygiène, assainissement des villages et des points d'eau. Néanmoins, force est de constater sur le terrain que ces interventions sont sporadiques et ne répondent pas à l'esprit de l'autopromotion. Les actions ne rayonnent pas dans le milieu rural. Ses interventions sont surtout localisées dans le secteur de Benga.

Les projets et actions pour le développement de l'église catholique se limitent surtout à la réalisation des tranches locales des programmes de développement agricole (Programme National Manioc à Kimbuba ou à Kinkosi-Luidi). Le projet de renforcement des soins de santé dans la zone de santé de Kimvula financé par Misereor est le plus important que mène depuis plus de 9 ans le BDOM (Bureau Des Œuvres Médicales). C'est un projet d'appui structurel exécuté en phase de trois ans qui touche pratiquement toute la population de la zone de santé de Kimvula (soit 72.972 habitants) avec un accent particulier sur la santé de la mère et de l'enfant. Cependant, la réalisation des projets de développement est faiblement corrélée aux priorités agricoles du territoire. Les 11% de la population ont cité l'Etat dans les interventions des projets et actions de développement. Ces interventions sont des missions plutôt modestes, qui se sont limités à la reconstruction de l'école primaire de Kivuandaba et Kimbata Koba et de centres de référence Kinkosi Benga et de Lula Lumene. Or, le rôle de l'Etat devrait être envisagé dans l'augmentation de la production agricole, sans laquelle il n'y aurait pas d'élimination de la misère des masses paysannes. Le Centre de Promotion des Activités Intégrées au Développement (CPAID), encadrent 25 villages pour les trois secteurs. Il organise ses activités dans la santé, l'agriculture et l'éducation. Il réalise une planification stratégique des activités du Programme Intégré de Développement de Kimvula. Cette ONGD (Organisation Non Gouvernementale de Développement) se heurte cependant, à plusieurs obstacles: l'insuffisance des moyens logistiques et financiers pour un bon encadrement de la population et une bonne supervision des activités de terrain. A cela s'ajoute le problème d'impraticabilité des routes de desserte agricole pour évacuer les produits vers les bassins de consommation. En ce qui concerne les associations de développement, sur le terrain, nous avons compté 15 organisations paysannes. Mais, celles-ci fonctionnent de manière « autonome ». Nous avons considéré avec les 28% de sans opinions au manque d'information, en ce qui concerne les actions illustrant le développement des ONGD (Organisations Non Gouvernementales de Développement) dans le territoire de Kimvula. En effet, ces actions interviennent faiblement dans l'encadrement de la population suite à l'absence d'initiatives de développement de la part des autorités locales. L'attitude réfractaire des détenteurs du pouvoir étatique face aux changements en constitue l'obstacle le plus grave. Le développement des groupements de paysans à l'échelle du pays suppose l'aide et l'appui du gouvernement.

Kimvula est aussi marqué par l'inégalité de développement. On remarque par exemple que, le secteur de Benga situé dans la zone traversée par la route nationale numéro 16 et siège du territoire, a accueilli les plus d'actions de développement (figure 2). Le secteur de Lula-Lumene on a recueilli moins. Cette situation a été associée à l'enclavement dû au mauvais état des routes et à la présence d'un sol sablonneux peu productif. Par ailleurs, la vocation économique attribuée aux différentes entités administratives peut être utilisée comme autre élément d'appréciation de la concentration des actions de développement [1] tel est par exemple le cas du secteur de Benga.

3.2 NIVEAUX DE PERCEPTION ET D'EVALUATION DU DEVELOPPEMENT PAR LES ENQUETES DU TERRITOIRE DE KIMVULA

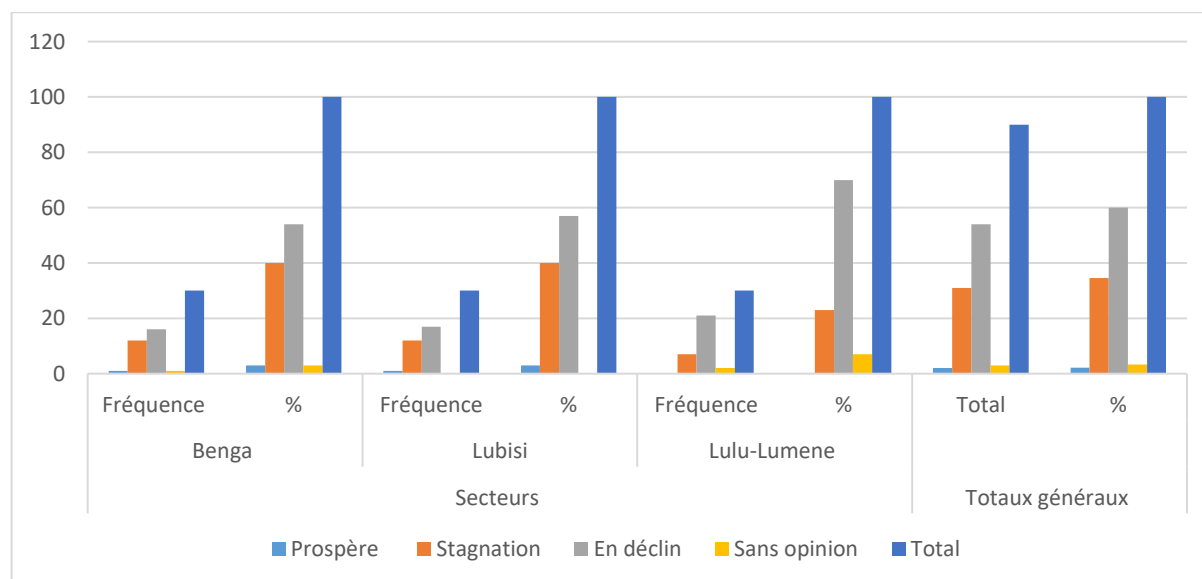


Fig. 3. Les avis de la population sur le degré de développement de trois secteurs du territoire de Kimvula

Source: Enquête

L'analyse de données de la figure 3 renseigne que sur les 90 sujets enquêtés, 54, soit 60% ont perçu les niveaux de développement comme en déclin. Selon eux, le territoire de Kimvula a perdu les liens avec Kinshasa et Inkisi à cause de mauvais état des routes. De ce fait, tout le territoire est devenu ainsi relativement enclavé. On peut, dès lors considérer que Kimvula mérite bien la qualification de l'espace en sous-développement par exemples par rapport à ce qu'il était en 1958. D'après [5], bien que le milieu de Kimvula soit caractérisé par des potentialités de développement, il y sévit cependant une pauvreté grave dont les traits essentiels sont les suivants:

prédominance de l'économie de cueillette, revenu par habitant/jour de moins d'1 dollar américain, la population n'est pas desservie en eau potable, 90% de ménages occupent des maisons construites en matériaux végétaux (surtout dans le secteur de Lula- Lumene), avec pavement en terre battue, une sous-information criante, un taux élevé de malnutrition, rareté des biens et produits de 1^{ère} nécessité, insuffisance de moyen de transports utilitaires. Rappelons avec [4], que par manque de routes et autres infrastructures économiques et sociales, le territoire de Kimvula est pour nous bloqué et son développement reste illusoire, si rien n'est fait à court terme pour l'entretien des routes même par cantonnage manuel comme autrefois en vue de désenclaver Kimvula.

3.3 LES ACTIONS DE DEVELOPPEMENT PAR LES PROJETS REALISES

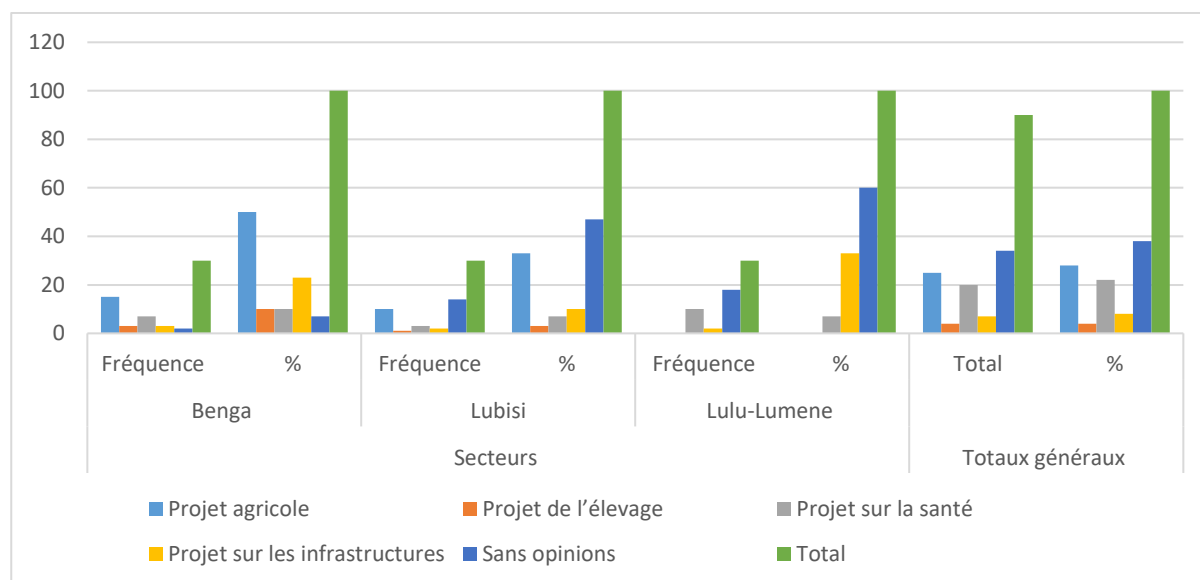


Fig. 4. Avis des sujets enquêtés relatifs aux actions de développement réalisées dans le territoire de Kimvula

Source: Enquêtes

D'après les résultats de l'entretien avec les paysans et les personnes ressources, quatre catégories de projets ont été réalisés à savoir: les projets agricoles, les projets santé, les projets élevage, les projets infrastructures, réalisés à des degrés divers, ont été identifiés. Parmi les personnes enquêtées, 28% affirment l'existence des projets de développement agricole, 22%, des projets d'appui sur la santé 8% sur les projets d'infrastructures, 4% seulement sur les projets d'élevage dans un environnement pourtant où c'est la 2^{ème} vocation après l'agriculture. Les 38% de personnes sans opinions démontreraient que les projets de développement rural intervenus dans la zone, passeraient presque inaperçus parce que ne bénéficieraient qu'à une minorité, sont faiblement corrélée aux priorités agricoles dans les trois secteurs et sont donc de faible visibilité.

3.4 LES PRINCIPALES ENTRAVES AU DEVELOPPEMENT DU TERRITOIRE DE KIMVULA

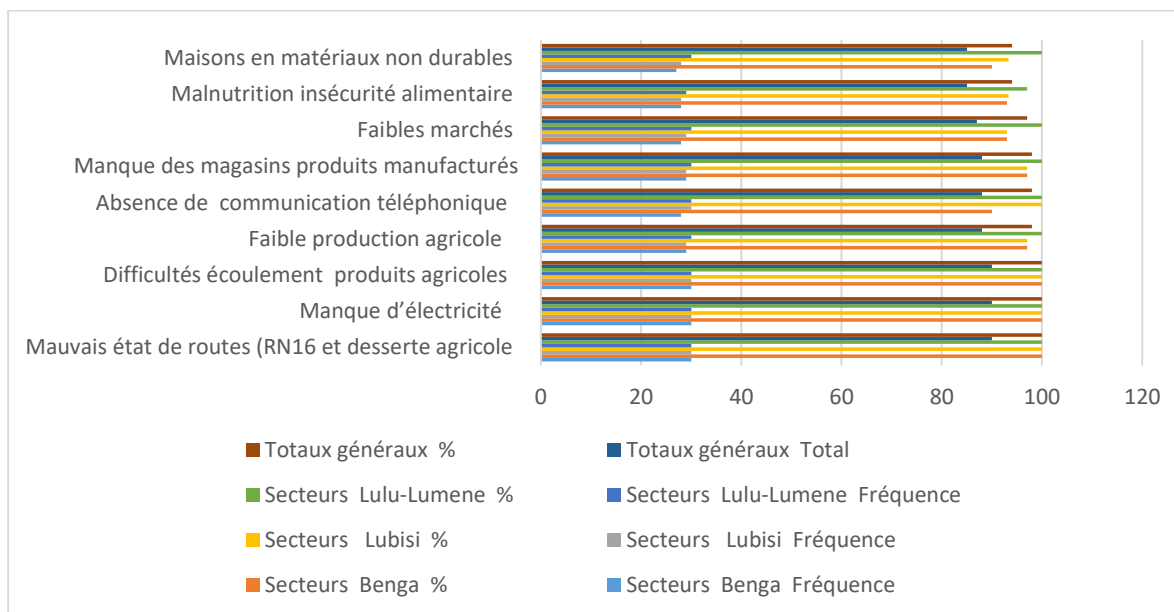


Fig. 5. Avis des sujets enquêtés relatifs aux principales entraves au développement du territoire de Kimvula.

Source: Auteurs

En nous référant aux résultats de la figure 5, on s'aperçoit que les entraves à la productivité du territoire de Kimvula au développement sont nombreuses. Sur un échantillon de 90 personnes enquêtées, 100% signalent les entraves suivantes: le mauvais état des routes (RN 16 et les routes de desserte agricole) et les difficultés d'écoulement de produits agricoles qui en résultent, le faible taux d'organisation des marchés locaux et même lorsque ceux-ci sont paradoxalement, organisés, les commerçants qui se hasardent dans la zone à la recherche de produits à acheter fixent eux-mêmes les prix des marchandises pour à priorité les pannes, les ensablements et/ou embourbements et autres tracasseries policières risqués pour avoir bravé la situation. Les autres problèmes tout aussi importants exprimés par les ménages et les autres catégories de la population consultée sont: l'absence de l'électricité, le mal et la sous nutrition, l'insécurité alimentaire. Lors des enquêtes, nous avons effectivement enregistré des doléances dans ce sens, ainsi que le manque de communication (tous les médias confondus).

De plus, l'agriculture paysanne est encore basée sur des techniques rudimentaires qui requièrent presque la totalité des efforts physiques du cultivateur. Elle est surtout une agriculture de subsistance, même si parfois le paysan est contraint à destiner une partie de sa production à la vente pour satisfaire d'autres besoins tels que, la scolarité des enfants, les soins de santé. La production commercialisée ne représente guère une part importante: très souvent, elle est soustraite de la réserve que le paysan garde pour les périodes de mauvaises récoltes et de soudure [19]. Kimvula est donc, incapable de nourrir sa population, il est rentré aux stratégies de résilience de substance alors que ce territoire était classé en 1958 parmi les zones rurales qui connaissaient un certain bien être rural [6]. De fait, la production est partout en baisse surtout en manioc, base alimentaire de la région. Ce qui a évidemment un effet négatif sur le ratio alimentaire qui reste ainsi déficitaire (< 1) en quantité et en qualité.

Le sous-développement de Kimvula a atteint un degré tel qu'il n'est couvert ni par les sociétés de télécommunication, ni par les nombreuses chaînes de radio et télévision que pilules dans nos villes. Ce qui renforce la population dans son enclavement jusqu'au point de manqué l'information élémentaire, les contacts avec les tiers et le monde extérieur. La qualité de l'habitat est peu confortable, il est très rudimentaire. Les maisons sont construites en pisé, avec de sticks et des feuilles comme structure des murs et des toitures [20]. Cette situation est la conséquence en partie du niveau bas des revenus, l'état défectueux des routes, obstacles à se procurer en matériaux comme le ciment et le tôle. En plus les maisons sont commodité, les maisons manquent de mobiliers et ustensiles en qualité et en quantité suffisante moins de 2% seulement de maisons sont sans en matériaux durables. Ainsi, [21] le territoire de Kimvula est-il qualifié d'être particulièrement démuné. Il n'y a qu'un axe routier direct de desserte agricole qui relie le territoire de Kimvula à la ville de Kinshasa: c'est l'axe Kimvula-Lubisi-Mbankana Kinshasa (figure 1). Tous deux en terre battue et en mauvais état [8]. Les revenus des ménages dans la zone cible proviennent presque entièrement de la vente d'une partie de produits agricoles. Nos recherches sur le terrain, les revenus estimés annuellement sont de 610\$ qui ne permettent pas, à la majorité, de la population, de nouer les deux bouts du mois.

3.5 LES PRIORITES DE DEVELOPPEMENT DU TERRITOIRE DE KIMVULA EXPRIMEES PAR LES GROUPES-CIBLES

Les souhaits de développement émis par les personnes interrogées voici selon l'ordre des actions de priorité (figure 6).

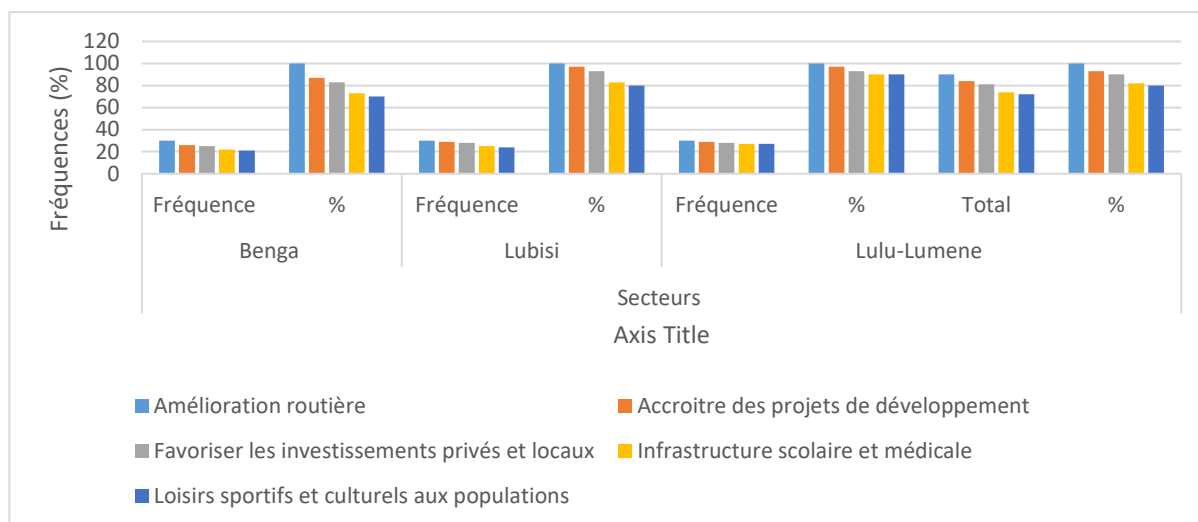


Fig. 6. Répartition des avis les groupes-cibles sur les priorités de développement dans le territoire de Kimvula

Source: Enquêtes

Naturellement, les priorités de développement du territoire de Kimvula sont en relation avec les entraves évoquées plus haut. Pour relancer le développement, Kimvula revendique l'amélioration de l'infrastructure routière (100%) praticable en toute saison pour stimuler la productivité, les relations avec les centres des consommations. A cause du mauvais état de la route moyen idéal, Kimvula est redevenue l'un des territoires les moins favorisés du Kongo central [3], [4], [5], [20], [21], [22], [23] et [24].

4 CONCLUSION

Tout au long de cet article, il a été question d'analyses les problèmes, les acteurs des actions et stratégies du développement, le niveau du développement et les principales entraves qui bloquent le développement du territoire de Kimvula. L'objectif principal était de mettre en lumière l'état du développement du territoire de Kimvula. Les données ont été recueillies à l'aide des enquêtes et des observations faites sur le terrain ainsi que l'examen des sources bibliographiques. L'analyse de ces données dans leurs interactions dynamiques ont permis d'identifier les freins qui minent le développement du territoire de Kimvula.

Ce sont le manque de dynamisme des acteurs locaux, l'absence des objectifs clairs de développement qui sont ressentis comme autant des manifestations de faiblesse du processus de développement. A ce sujet, on ne dira jamais assez que le rôle des acteurs locaux est essentiel pour booster les processus socio-politiques à l'intérieur des différents espaces. Le mauvais état de routes (RN16) et routes de desserte agricole, d'où les difficultés d'écoulement des produits agricoles à 100%. Pour bien comprendre le mal développement de Kimvula, il suffit de voir l'excentricité de la RN 1 situé dans le sud et qui est censé servir ce vaste ensemble.

La faible production agricole (98%), la rareté de marchés (97%) et des commerçants ne stimule pas la production agricole, qui, à son tour, est la cause de malnutrition/insécurité alimentaire (94%). Les projets de développement orientés vers les besoins élémentaires apparaissent comme une priorité. Pour permettre au territoire de se développer, et pour faciliter l'évacuation de produits vivriers des paysans jusqu'aux centres de consommation, des décisions doivent être prises en vue d'appuyer les initiatives des secteurs et des villages dans l'entretien de la route Inkisi-Popokabaka. La qualité des maisons (matériaux non durables 94%) est considérée comme l'expression consacrée de développement et de qualité de vie et de l'habitat. L'absence de la communication téléphonique (98%), et de l'électricité.

Le sort incertain de leur production future retient les agriculteurs dans une agriculture de substance. Il est fondamental que la RDC puisse réussir à redresser les indicateurs objectivement observables pour lutter contre les crises multiformes endémiques qui contrarient le développement socioéconomique de Kimvula. Nous sommes convaincus, comme le dit l'adage, que ce qui a existé peut de nouveau exister moyennant beaucoup de restaurations de condition de ce qui a fait autrefois la fierté agricole de Kimvula décrite par [6]. Pour améliorer la situation économique, il est maintenant impératif de restaurer l'accessibilité du territoire de Kimvula en toutes saisons. Il reste néanmoins encore beaucoup à faire pour rendre nouveau à Kimvula cette fierté d'autrefois.

REMERCIEMENTS

Les auteurs voudraient remercier les personnes enquêtées, les diverses autorités, les membres des administrations locales des villages visités, les paysans et les commerçants dans le territoire de Kimvula pour les échanges fructueux. Les auteurs remercient aussi Monsieur Védastin Kossa pour sa contribution à l'élaboration des cartes.

REFERENCES

- [1] Mashini, D.M., « Le Kwango-Kwilu: Un espace de développement au Sud-Ouest de la RDC ? », in GEOKIN, Bulletin géographique de Kinshasa, vol n°1, pp.33-53, 2014.
- [2] Gallais, J., « Dépressions régionales dans les pays en voie de développement, in Régionalisation et développement », colloques internationaux du CNRS. Sciences humaines, Strasbourg 26-30 juin 2^{ème} édition CNRS, Paris, 1972, pp. 109-118.
- [3] Lugangu, L., Félicien Lukoki et Binzangi K., Problématique d'un espace rural enclavé: Etude géographique du territoire de Kimvula dans la province du Kongo central, en République Démocratique du Congo, International Journal of Innovation and Applied Studies, ISSN 2028-9324 vol. 36 n°4, pp. 1080-1089, 2022.
- [4] Lugangu L., Félicien Lukoki et Aloni Komanda J., Kimvula un espace commercial non disputé (province du Kongo central en République Démocratique du Congo), International Journal of Innovation and Applied Studies, ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 1 Mar. 2023, pp. 57-67, 2023.
- [5] Lugangu L., Félicien Lukoki et Aloni Komanda J., Impact de l'agriculture paysanne dans le développement du territoire de Kimvula (province du Kongo central en République Démocratique du Congo), International Journal of Innovation and Applied Studies, ISSN 2028-9324 vol. 36 n°4, pp. 1080-1089, 2022.
- [6] Van de Walle, Essai d'une planification de l'économie agricole congolaise, (I.N.E.A.C), 1960. Série technique n°62, 1960, 52p+ 17 annexes.
- [7] Nicolai, H., Le Kwilu, Etude géographique d'une région congolaise, CEMUBAC, LXIX, Bruxelles, 472 p., 1963.
- [8] B.E.A.U, Accès routiers de Kinshasa: trafic et ravitaillement, Cahiers du BEAU, n°1, 24 p, 1975.
- [9] Turcan, P., Les acteurs du développement et les acteurs du blocage dans les régions rurales, Revue Canadienne des Sciences Régionales, VIII: 2, pp.241-259, 1985.
- [10] Bena, D., « Nourrir les villes: Approvisionnement de Kinshasa en produits vivriers, apports nationaux » ,Cahiers du BEAU, septembre, 32 p, 1991.
- [11] Nicolai, H., « Les mutations récentes des espaces africaines », Bulletin des Séances, Arson, n°38, 4, pp. 563-578, 1993.
- [12] Tollens, F., Al., Nourrir Kinshasa, l'approvisionnement local d'une métropole africaine, Editions l'Harmattan, Paris, 351 p., 1994.
- [13] Mukubu, O., L'apport des voies de desserte agricole au développement d'une entité décentralisée. Cas du territoire d'Idiofa dans le Bandundu, Mémoire de licence en Sciences économiques, l'Université Libre de Kinshasa, ULK. 100 p, 1999.
- [14] Mastaki Nmagabe, J., Le rôle des goulots d'étranglement de la commercialisation dans l'adoption des innovations agricoles chez les producteurs vivriers du Sud Kivu (Est de la RDC) Thèse, FUSAGX, 250 p, 2006.
- [15] Mashini, D.M., Le développement régional et stratégies spatiales dans le Kwango-Kwilu (Sud-Ouest du Zaïre), Thèse de doctorat en Sciences géographique, Université Libre de Bruxelles, Faculté des Sciences, Laboratoire de Géographie humaine, 2 volumes, édition revue, juin, 684 p., 1994.
- [16] Mpuru, M.B., Le Kwilu: un espace commercial disputé ? in Bulletin Géographique de Kinshasa; GEOKIN. Cinquantenaire de la géographie du Kwilu. Vol. n°1, Kinshasa, pp. 57-77, 2014.
- [17] Dibaluka S., Etudes des macromycètes de la cité de Kimvula et de ses environs (Bas Congo/RDC): diversité et productivité en forêt claire, ethnomycologie et mise en culture d'espèces saprotrophes comestibles. Thèse de doctorat, Université de Kinshasa, 255 pp, 2012.
- [18] Kikufi B., Lejoly J. Lukoki F., Etat actuel de la biodiversité végétale du territoire de Kimvula au Sud-Ouest de la RDC. International Journal of Innovation and Applied Studies, ISSN 2028-9324 vol. 19, n°4 mars pp. 929- 943, 2017.
- [19] Tiker-Tiker, Agriculture Zaïroise: de la stagnation à la régression, in cahiers économiques et sociaux, vol. XVIII n°3-4, Kinshasa, Septembre 1980.
- [20] Froment, PH., Les transports dans les économies sous-développées, Paris, 1957.
- [21] Lugangu, L.M., Organisation de l'espace rural et perspectives d'aménagement à l'Est du Kongo central: cas des territoires de Kasangulu, Kimvula et Madimba, thèse de doctorat, Faculté des Sciences, Unikin, 255 p, 2019.
- [22] Fahren, A.K., Le livre Blanc de la région économique de Kinshasa, BEAU, Kinshasa, 1979.
- [23] Mashindi, D., M., « Le rôle controversé de l'Etat au Zaïre et l'échec de la politique de décentralisation. L'exemple du Kwango-Kwilu » Revue Belge de Géographie, 19^{ème} année, fascicule 58 (nouvelle série) Hommage aux professeurs Jean Annaert et Henri Nicolai, Tome 1, Géographie tropicale, Bruxelles, pp. 135-144, 1995.
- [24] Pauwels, J., La réparation de la population dans le territoire de Gungu, in Bull. de la SRBG, 85-1961.

Diversité d'usage de *Striga Hermonthica* au Niger

[Diversity of use of *Striga Hermonthica* in Niger]

Saidou Sabo Salamatou¹, Boubacar Kountché², Harouna Issa Amadou¹, Moussa Soulé³, Adamou Maman Laouali¹, Hamani Noma Abdoul Latif¹, and Bakasso Yacoubou¹

¹Faculté des Sciences et Techniques (FAST), Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger

²BIOS UMR-AGAP Institute, GIV Cirad, Batimat 03bis, TA A-108, 03 Un V. Agropolis, 34398 Montpellier Cedex 5, France

³Faculté des Sciences et Techniques (FAST), Université Dan Dicko Dankoulodo de Maradi, Niger

Copyright © 2024 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: *Striga* represents a significant constraint to food production. Despite its harmful effects, *striga* is regularly sought in the markets for uses miscellaneous. The general objective of this work is to collect all the information on the use made of this harmful species. Field surveys were carried out in the 6 regions of Niger (Dosso, Maradi, Niamey, Tillabéry, and Zinder) and the choice of surveyed, was done at random. 340 people were interviewed including 236 men and 104 women. The survey results showed that 76% of surveys use *striga* and it is involved in 10 categories of uses, namely fodder, soil fertilization, the mystical, the dye, the fuel, the fight against erosion, the insecticide, human food, traditional human and animal medicine. The uses most cited are fodder with 35.10% followed by human medicine (22.12%). This study made it possible to inventory 31 diseases for which *striga* is used for treatment of diseases in humans.

KEYWORDS: *Striga hermonthica*, diversity, uses, Niger.

RESUME: Le *striga* représente une contrainte importante à la production alimentaire. Malgré ses effets nuisibles, le *striga* est cherché régulièrement dans les marchés pour des usages divers. Ce travail a pour objectif général de recueillir toutes les informations sur l'utilisation faite de cette espèce nuisible. Des enquêtes de terrain ont été réalisées dans les 6 régions du Niger (Dosso, Maradi, Niamey, Tillabéry, et Zinder) et le choix des enquêtés, a été fait au hasard. 340 personnes ont été interrogées dont 236 hommes et 104 femmes. Les résultats de l'enquête ont montré que 76% des enquêtes utilisent le *striga* et il est impliqué dans 10 catégories d'usages à savoir le fourrage, la fertilisation des sols, le mystique, la teinture, le combustible, la lutte contre l'érosion, l'insecticide, l'alimentation humaine, la médecine traditionnelle humaine et animale. Les usages les plus cités sont le fourrage avec 36,78% suivi de la fertilisation des sols 24,08%. Cette étude a permis d'inventorier 31 maladies pour lesquelles le *striga* est utilisé pour le traitement des maladies chez l'homme.

MOTS-CLEFS: *Striga hermonthica*, diversité, usages, Niger.

1 INTRODUCTION

Le *striga* (famille des Orobanchaceae) est l'une des principales contraintes biotiques à la production des principales cultures agricoles en Afrique subsaharienne (ASS) [6], [14], [12] et [20]. On estime que les *striga* infestent plus de 64% de la superficie totale de production céréalière en ASS et continuent de s'étendre [4] et [12]. Les pertes de rendement céréalière dues aux *striga* varient de quelques pourcents (<30%) mais peuvent atteindre 90 à 100% [4], [12], [15] et [21].

Au Niger, cinq (5) millions d'ha sont infestés par le *Striga* [4]. Les paysans ont des méthodes ancestrales à leur portée, leur permettant de lutter contre cette plante nuisible. Il s'agit de l'arrachage manuel, la fertilisation des champs surtout avec la fumure organique, l'association des cultures et l'utilisation des plantes pièges ou faux hôte, etc.). Selon [13] trois stratégies sont utilisées pour lutter contre le *Striga* à savoir la lutte préventive, la lutte curative et enfin, la lutte intégrée. Mais aucune stratégie de lutte n'a permis jusqu'à présent de contrôler complètement le parasite [16]. Cependant l'éradication systématique du parasite semble être difficile puisque malgré ses effets nuisibles le striga est sollicité par les populations pour des usages divers surtout pour sa potentialité thérapeutique, une approche de valorisation et de gestion durable du striga s'avère être nécessaire.

Au regard de ces constats, cette étude que nous présentons dans le cadre du projet de thèse a pour objectif général de recueillir toutes les informations sur l'utilisation faite de cette espèce nuisible.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 ENQUETE

L'enquête de terrain s'est déroulée pendant les mois d'Octobre et Novembre 2021 dans les 5 régions du Niger (Dosso, Maradi, Tahoua, Tillabéry, et Zinder). Deux villages par région ont été choisis en fonction des axes routiers praticables à véhicules. La méthode empirique a été appliquée. 65 paysans ont été enquêtés par région et pris au hasard. Un questionnaire individuel a été administré à chaque enquêté. Le questionnaire a mis l'accent sur le profil des enquêtés et les usages endogènes faits du striga. Pour avoir le maximum de maladies traitées par le striga, des enquêtes de terrain ont également été effectuées auprès des tradipraticiens de trois (3) marchés (Katako, Harobanda et Wadata) du centre-ville de Niamey (figure 1). Les enquêtes ont été conduites pendant le mois de février 2023 sur les utilisations médicinales du striga avec 5 tradipraticiens dans chaque marché. Soit un total de 340 personnes enquêtés dans les 6 régions du Niger figure 1.

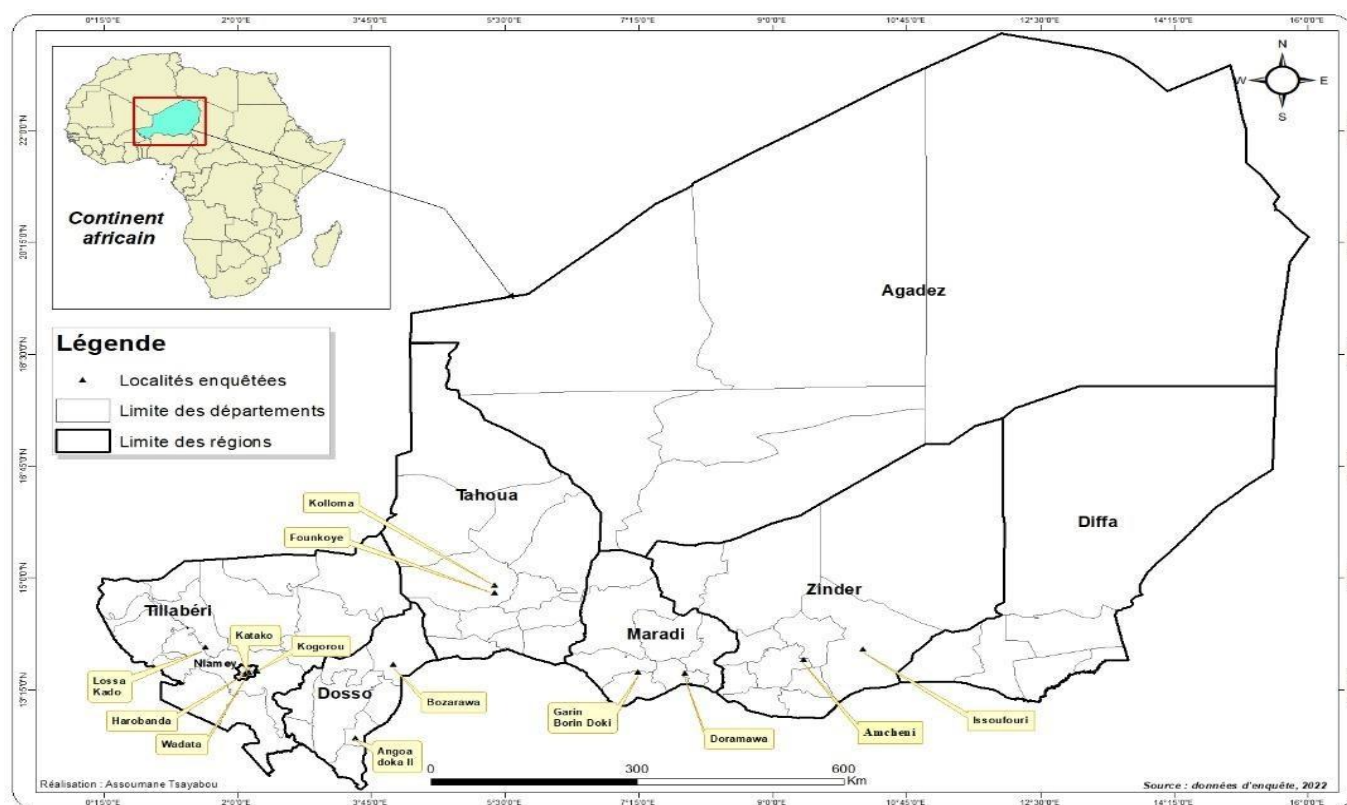


Fig. 1. Carte de localisation de la zone d'étude

2.2 ANALYSE DES DONNEES

A la fin de la phase terrain, l'ensemble des résultats sont consignés dans un tableur Excel 2013.

Les données collectées ont été analysées à l'aide du logiciel RStudio 4.2.3. Le test de χ^2 a été fait entre les variables.

La fréquence de citation (FC) de chaque modalité a été calculée suivant la formule:

$$FC = \frac{\text{Fréquence de citation}}{\text{Nombre total d'enquêtées}} \times 100$$

Afin de décrire les liens entre les variables une Analyse en Composante Principale (ACP) a été réalisée.

3 RESULTATS

3.1 IDENTIFICATION DES ENQUETES

Les personnes enquêtées se répartissent comme suit: 69,41% hommes et 30,58 % femmes, dont 90,29 % sont mariés. L'âge des répondants varie de 15 à 85 ans avec une prédominance des personnes âgées de 46 à 85 ans (38,82%). Il faut noter que l'activité principale des enquêtés est l'agriculture (57,84%). Ils sont aussi majoritairement des musulmans (99,11%) (Tableau 1).

Tableau 1. Caractéristiques sociodémographiques des enquêtés

Caractéristiques	Effectifs	Fréquence (%)
Genre		
Hommes	236	69.41
Femmes	104	30.58
Age		
15-30 ans	84	24.70
31-45 ans	126	37.05
46-85ans	130	38.82
Situation Matrimoniale		
Célibataire	26	07.64
Divorcé	4	01.17
Marié	307	90.29
Veuve	3	00.88
Niveau d'instruction		
Analphabète	112	32.94
Ecole coranique	122	35.88
Ecole coranique et école publique	20	05.88
Niveau primaire	54	15.88
Niveau secondaire	32	09.41
Religion		
Animiste	1	00.30
Athée	2	00.58 00
Chrétien	0	99.11
Musulman	323	
Professions		
Agriculteur	188	55.29
Autres	71	20.88
Commerçant	63	18.52
Fonctionnaire	3	0.87
Tradipraticiens	15	04.41

3.2 NOMS VERNACULAIRES DE STRIGA

Les entretiens libres auprès des paysans ont permis d'identifier les différentes terminologies couramment utilisées pour désigner le striga suivant les différentes ethnies du Niger (Tableau 2).

Tableau 2. Les noms vernaculaires de striga selon les ethnies des zones enquêtées du Niger

Ethnie		Noms vernaculaires de striga
Béribéri		Koujji
Hausa	Arawa	Malli
	Adarawa	koudji
	Gobirawa	Gogai
Peulh Zinder		Koudigii
Zarma		Malli

3.3 USAGES DU STRIGA AU NIGER, PLANTE D'IMPORTANCE CAPITALE

La figure 2 montre que plus de la majorité des personnes enquêtées (76%) utilisent le striga contre 21% qui n'en font aucun usage pendant que 3% des enquêtés affirment le brûler. Les résultats des enquêtes montrent que le striga est impliqué dans 10 catégories d'usages (Figure 3). Il est plus utilisé dans le fourrage (36,78%) suivi de la fertilisation des sols (24,08%), dans le mystique, la teinture, et les utilisations énergétiques sont très faiblement citées par les enquêtés.

Le striga est une plante parasite qui constitue aujourd'hui l'une des contraintes majeures de l'agriculture et représente donc une menace à la sécurité alimentaire au Niger. Outre ses effets destructeurs, le *Striga* fait l'objet de multiples usages selon les zones géographiques et les pratiques socioculturelles.

Le striga est utilisé dans des préparations médicamenteuses humaines et animales pour soigner certaines maladies. Il est employé également dans des recettes mystiques avec d'autres constituants pour séduire les femmes, éloigner le mauvais sort, se protéger contre les ennemis...etc.

Le paludisme sévit de manière endémique au Niger. L'utilisation traditionnelle des plantes de striga pour lutter contre cette maladie constituent une source d'espoir pour la synthèse des insecticides naturels en remplacement des moustiquaires imprégnés et les insecticides. La plante entière est utilisée dans cette lutte. Ainsi, le striga est étalé dans les chambres ou les endroits de regroupement pour lutter contre les piqûres des moustiques vecteurs du paludisme.

Les usages socio-économiques de striga sont nombreux pour la population du Niger. En effet, le striga est utilisé dans l'alimentation humaine et animale. La consommation humaine se résume par l'utilisation des belles fleurs de *Striga* dans la cuisson de haricot vert car il donne un goût particulier au haricot.

Après l'arrachage manuel le striga est laissé sur le sol dans les champs avec les autres adventices sans être ramassé et brûlé. Cependant il est utilisé comme fertilisant par ces producteurs.

A part les usages alimentaires, fertilisants, mystiques et médicinaux, le striga joue un rôle important sur le plan environnemental. Dans certaines régions du Niger, il est utilisé sur les terrains soumis à une érosion. Cela consiste à épandre le striga sur le sol afin de protéger ce dernier contre l'effet des gouttes de pluies et du vent. Cette utilisation de striga a pour conséquence la protection des terres contre l'érosion hydrique et éolienne et la restauration des terres dégradées.

Afin d'abandonner l'utilisation des sachets plastiques ou du pétrole, les tiges de striga sont utilisées pour allumer le charbon ou le bois. Cette pratique peut non seulement réduire l'usage des sachets plastiques qui génèrent des conséquences sur l'environnement (pollution des sols atmosphérique) mais aussi réduire les dépenses pétrolières et économiques.

Il ressort de cette enquête que le *Striga* est utilisé dans la teinture au Niger par les artisans pour obtenir la couleur noire. La plante entière est récoltée et utilisée par décoction comme mode d'extraction dans la préparation de colorant. En effet l'utilisation de cette plante parasitaire dans la teinture s'inscrit dans une démarche de développement durable. Elle est non toxique, non cancérigène, non polluante, accessibles, et disponible à très faible coût.

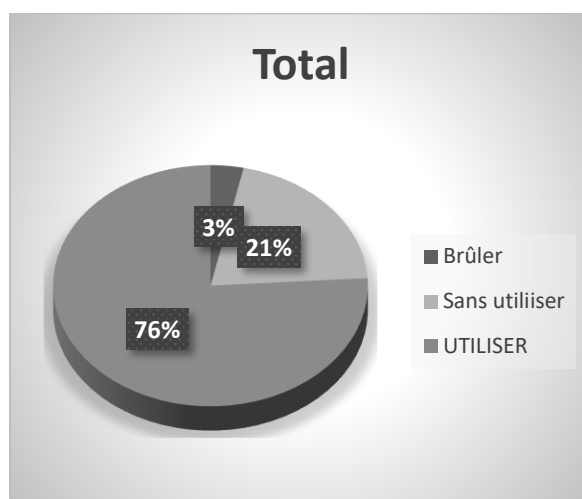


Fig. 2. Répartition des enquêtés par rapport à l'usage de striga

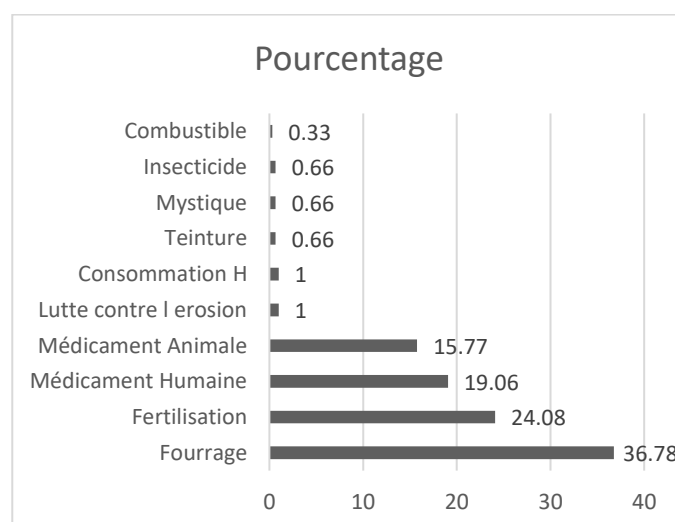


Fig. 3. Diversité des catégories d'usages de striga

3.3.1 USAGE DE STRIGA SELON LES CARACTERISTIQUES SOCIODEMOGRAPHIQUES DES ENQUETE

Les 4 caractères qualitatifs examinés présentant chacun 2 ou 5 modalités sont présentés dans le Tableau 3. Une prédominance des fréquences a été observée chez les enquêtés qui utilisent chez toutes les modalités des caractères socio à l'exception des fonctionnaires ou la fréquence de ceux qui utilisent le striga est la même de ceux qui n'utilisent pas le striga et ceux qui brûlent le striga (33,3%) chacun. Les fréquences de ceux qui brûlent le striga sont très faibles chez tous les caractères voire nuls chez les enquêtés dont l'âge est compris entre 15-30 ans et des enquêtés ayant le niveau de scolarité primaire et aussi chez les enquêtés ayant fréquentés l'école coranique et l'école traditionnelle. Le test Chi 2 indique que les variables genre et profession présente une distribution dépendante ($P < 0,05$) de l'utilisation de striga. Le genre et la profession des enquêtés influence significativement l'utilisation de striga.

Tableau 3. *Distribution des fréquences des modalités des 4 caractères sociodémographiques des enquêtés des 6 régions du Niger*

Caractères	Utilisations de striga %			P value
	Brûler	Sans utiliser	Utiliser	
Analphabète	5	26	69	0.4446
Ecole coranique	3	19	78	
Ecole coranique et école traditionnelle	0	25	75	
Niveau primaire	0	15	85	
Niveau secondaire	7	21	71	
Agriculteur	3	19	78	0.03909
Autres	4	18	77	
Commerçant	2	30	68	
Fonctionnaire	33	33	33	
Femme	2	10	88	0.001301
Homme	4	26	70	
15-30 ans	0	14	86	0.0568
31-45 ans	3	22	74	
46-85ans	6	25	69	

3.3.2 UTILISATION DU STRIGA DANS LES DIFFERENTES REGIONS DU NIGER

3.3.2.1 FOURRAGE

Le striga est plus utilisé comme fourrage dans la région de Tahoua suivie de la région de Zinder et Dosso avec respectivement 65 %; 55 % et 42 % (figure 4). Pour la région de Tillabéry le pourcentage est nul. ($p < 0,001$) la variable région a une influence très hautement significative sur l'utilisation du striga comme plante fourrageur au seuil $\alpha = 5\%$.

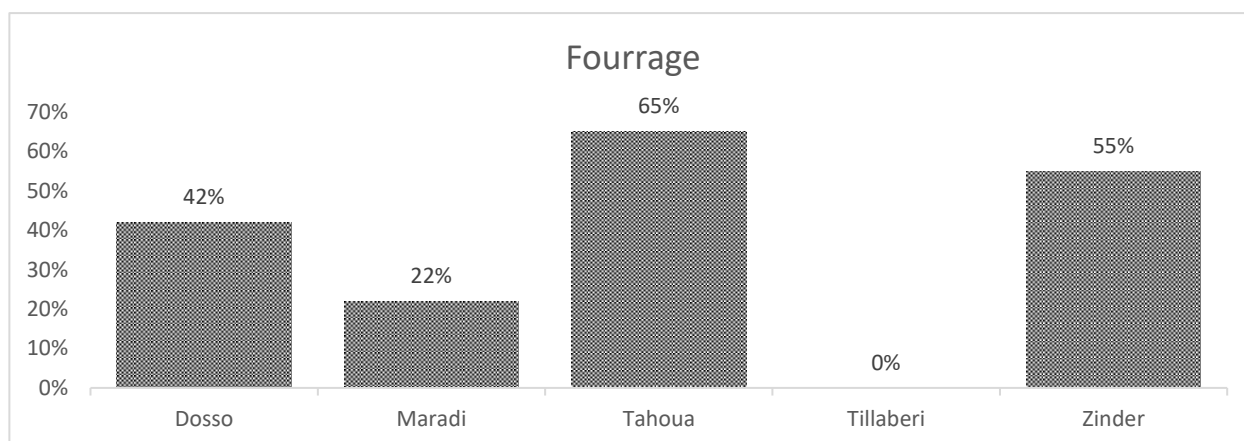


Fig. 4. *Usages de striga comme fourrage*

3.3.2.2 UTILISATION DU STRIGA COMME FERTILISANT DES SOLS

Le résultat montre que 43% des enquêtées affirme utiliser le striga comme fertilisant dans la région de Maradi suivie de la région de Zinder (26%) contre seulement 3% dans la région de Tillabéry (Figure 5). Il existe une dépendance très hautement significative ($P < 0,001$) au seuil $\alpha = 0,05$ entre l'utilisation du striga comme plante fertilisante et les régions Niger.

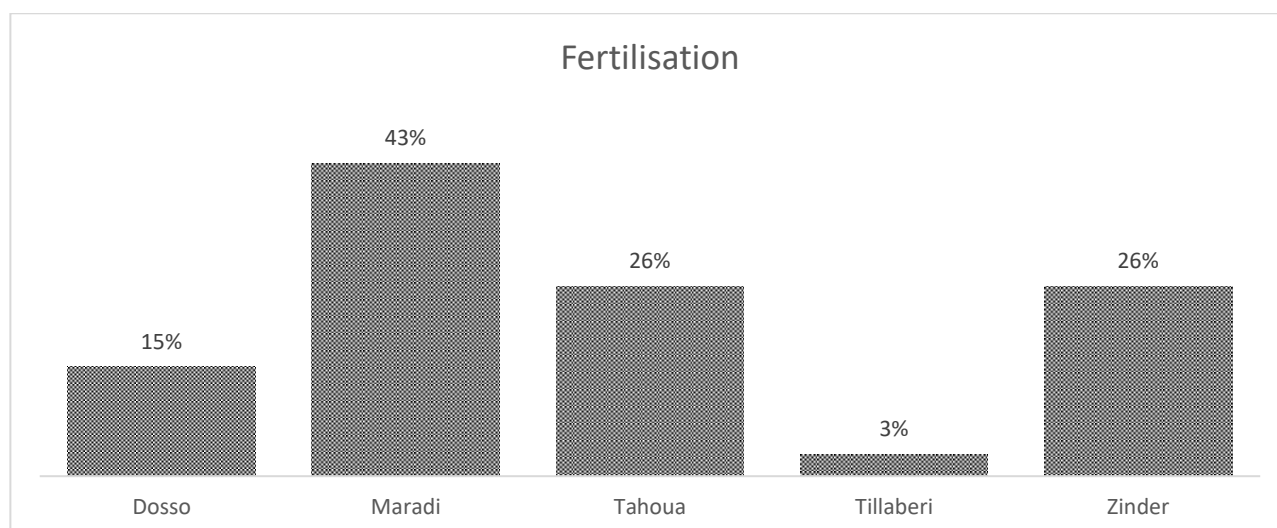


Fig. 5. Usages de striga en fertilisation des sols par région

3.3.2.3 UTILISATION DU STRIGA COMME PLANTE MEDICINALE HUMAINE

Sur le plan de la médecine traditionnelle humaine, la région de Tillabéri enregistre le taux le plus élevé (66 %) suivie de la région de Dosso (23 %). Pour la région de Maradi l'utilisation de striga en médecine humaine est très faible (5 %) (Figure 6). Le test Chi 2 effectué s'est avéré très hautement significatif au seuil $\alpha = 0,05$ ($p\text{-value} < 0,000$). L'utilisation du striga comme plante médicinale humaine a montré des distributions de fréquences dépendant des régions.

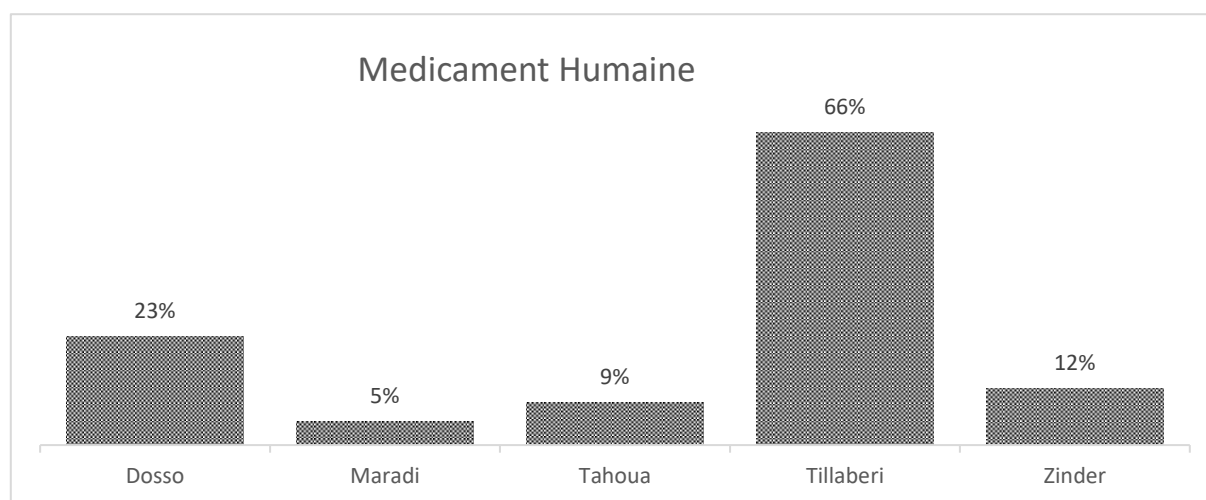


Fig. 6. Usages de striga en médecine traditionnelle humaine par région

L'étude ethnobotanique de striga a permis d'inventorier 31 maladies pour lesquelles le striga est utilisé pour le traitement des maladies chez l'homme. La plante entière du striga est utilisée pour les traitements de certaines pathologies (estomac, hémorroïde, diabète, démangeaison, rougeole, jaunisse...etc), soit seule ou associée à d'autres ingrédients. Les formes d'utilisation sont en poudre, ou en décoction. Le mode d'administration se fait par la voie orale ou cutanée qui sont les plus fréquentes. Les maladies les plus répétées par les enquêtés sont l'anurie (11%), le diabète (10%), la constipation (10%). (Tableau 4).

Tableau 4. Les différents traitements à base du striga et les parties utilisées au Niger

N	Symptômes traitées	Parties utilisées	Formes d'utilisation	Modes d'administration	Fréquence d'administration	Utilisation	Fréquence en %
1	Estomac	Plante entière	Poudre ou décoction	Voie orale	2/jour	Seul ou avec d'autres ingrédients	9
2	Hémorroïde	Plante entière	Poudre ou décoction	Voie orale	2/jour	Seul	5
3	Diabète	Plante entière	Poudre ou décoction	Voie orale	2/jour	Seul ou avec d'autres composées	10
4	Démangeaison	Plante entière	Décoction	Voie orale et Voie Cutanée	2/jour	Seul	2
5	Hémorragies	Plante entière	Poudre	Voie cutanée	Pendant hémorragies	Seul	7
6	Pait ancien ou nouveau	Plante entière	Calcination ou poudre	Voie cutanée	3/jour	Seul	8
7	Rougeole	Plante entière	Décoction	Voie cutanée	3/jour	Seul	1
8	Jaunisse	Plante entière	Poudre ou décoction	Voie orale	3/jour	Seul ou avec d'autres composées	4
9	Tension	Plante entière	Poudre ou décoction	Voie orale	3/jour	Seul ou avec d'autres composées	4
10	Maux de ventre	Plante entière	Poudre ou décoction	Voie orale	2/jour	Seul	5
11	œdème	Plante entière	Poudre	Voie orale	Matin	Avec d'autres ingrédients	2
12	Délivrance placentaire	Plante entière	Décoction	Voie orale	Pendant la douleur	Seul	4
13	Certaines pathologies gastriques	Plante entière	Poudre	Voie orale	2 ou 3/ jour	Seul	2
14	Hépatique B	Plante entière	Poudre	Voie orale	2/jour	Seul	2
15	Accouchements difficiles	Plante entière	Décoction	Voie orale	Pendant le travail	Avec d'autres ingrédients	7
16	Tume faction d'une bourse	Plante entière	Décoction	Voie cutanée	2 ou 3/jour	Avec d'autres ingrédients	1
17	Epilepsie	Plante entière	Poudre	Voie orale	3/jour	Avec d'autres ingrédients	1
18	Diarrhée	Plante entière	Poudre	Voie orale	2/jour	Seul	3
19	Infestions génitale (eau)	Plante entière	Décoction	Voie orale et Voie Cutanée	3/jour	Avec d'autres ingrédients	1
20	Infestions génitale déchirure	Plante entière	Poudre	Voie Orale	2 ou 3/jour	Avec d'autres ingrédients	1
21	Démangeaison purulente	Plante entière	Poudre	Voie orale et Voie Cutanée	2/ jour	Avec d'autres ingrédients	3
22	Anurie	Plante entière	Décoction	Voie orale	2/ jour	Seul	11
23	Rectorragie	Plante entière	Poudre ou décoction	Voie orale	2/ jour	Seul	1
24	Spanioménorrhée	Plante entière	Poudre	Voie orale	2/ jour	Avec d'autres ingrédients	1
25	Brulure	Plante entière	Poudre	Voie cutanée	1/Jour	Seul	6
26	Toux	Plante entière	Poudre	Voie orale	2/Jour	Seul	1
27	Constipation	Plante entière	Poudre	Voie orale	2/Jour	Seul	10
28	Maladie de l'utérus	Plante entière	Poudre	Voie orale	3/jour	Avec d'autres ingrédients	1
29	Métrorragie	Plante entière	Poudre	Voie orale	3/jour	Avec d'autres ingrédients	1
30	Cancer gastrique	Plante entière	Poudre	Voie orale	3/jour	Avec d'autres ingrédients	1
31	Fibrome utérin	Plante entière	Poudre	Voie orale	3/jour	Avec d'autres ingrédients	1

3.3.3 ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES

Les résultats de cette analyse indiquent que les deux premières composantes principales expriment 73,9% de l'inertie totale du jeu de données; respectivement 43,6% et 30,3% ce qui est suffisant pour garantir une précision d'interprétation. De ce fait, les deux premières composantes principales, seront retenues pour décrire les liens entre les variables. L'analyse des corrélations entre les caractères et chacune des composantes principales (Tableau 5) révèle que les variables Mystiques, la Consommation Humaine, la Fertilisant des sols, le Fourrage, l'Insecticide, le Médicament Animal et le Médicament Humaine sont bien représentées sur la première composante principale alors que les variables Combustible, la Lutte contre l'érosion et la Teinture sont aussi bien représentées sur la deuxième composante principale.

Tableau 5. *Corrélations entre les variables et chacune des quatre premières composantes principales*

Utilisations	Dim,1	Dim,2	Dim,3	Dim,4
Mystique	0,84	- 0,18	0,50	0,09
Consommation Humaine	0,84	- 0,18	0,50	0,09
Fertilisant	0,52	- 0,11	- 0,78	0,34
Fourrage	0,90	0,20	- 0,04	- 0,38
Combustible	- 0,16	0,98	0,11	0,05
Insecticide	0,84	- 0,18	0,50	0,09
Lutte contre l'érosion	0,27	0,89	0,36	0,10
Médicament Animal	- 0,69	- 0,21	0,68	0,11
Teinture	- 0,16	0,98	0,11	0,05
Médicament Humaine	- 0,75	- 0,34	0,56	- 0,01

3.3.3.1 DESCRIPTION DES DIMENSIONS

La figure 7 présente la projection des Régions dans les plans formés respectivement par CP1 et CP2.

La première dimension oppose les enquêtés de la région de Tahoua (à droite du graphe) qui utilisent le striga dans la fertilisation des champs, le fourrage, la consommation humaine, la fabrication de l'insecticide, les mystiques à des enquêtés de la région de Tillabéry (à gauche du graphe) quand eux ils utilisent le striga dans les préparations des médicaments humaines et animale.

La deuxième dimension oppose les enquêtés de la région de Dosso (en haut du graphe) qui utilisent le parasite dans la lutte contre l'érosion, le combustible et la teinture à des enquêtés de la région de Zinder et de Mardi (en bas du graphe) qui n'utilisent pas le striga dans la lutte contre l'érosion, le combustible et la teinture.

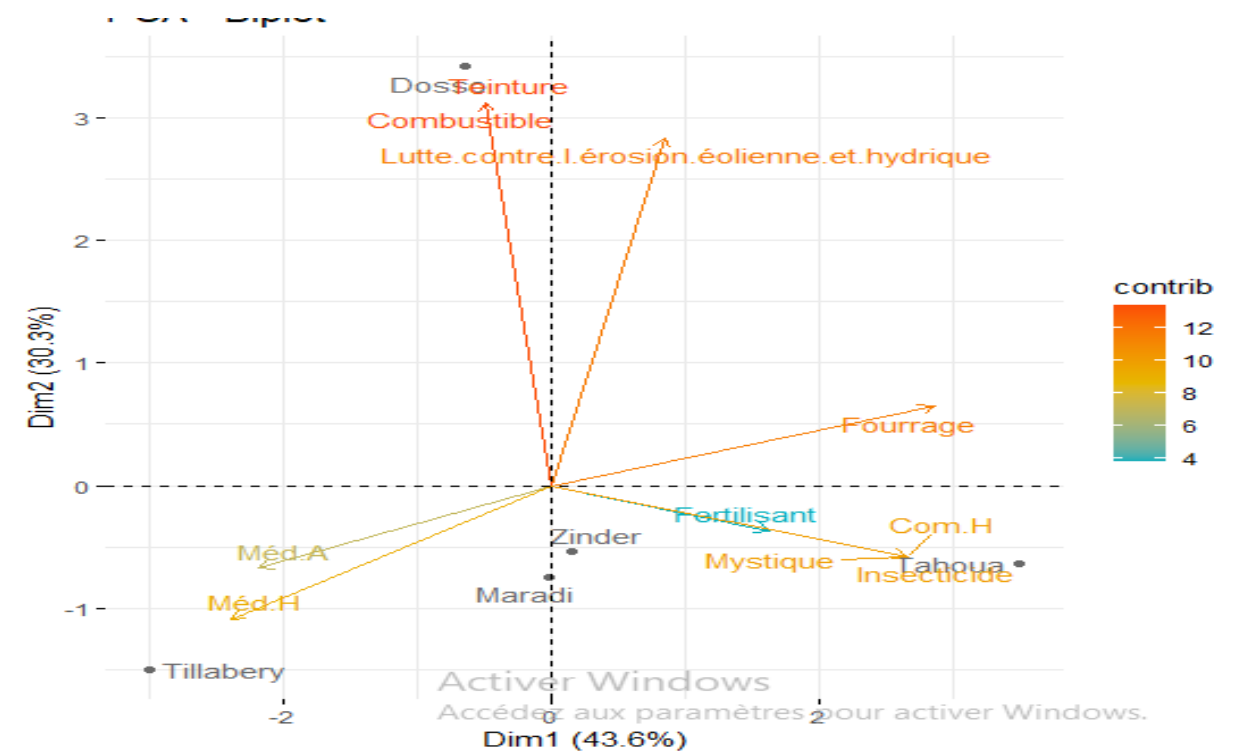


Fig. 7. Projection des Régions et des variables dans le système d'axe formé par CP1 et CP2

4 DISCUSSION

A l'issu de ces enquêtes, 340 personnes ont été interrogés dont 236 hommes et 104 femmes. La plupart de personnes interrogées étaient majoritairement des hommes. La faible participation des femmes pendant les enquêtes peut s'expliquer par le fait que la plupart des familles nigériennes sont gérées par des hommes et jouissent d'une grande autonomie. De plus, les femmes gèrent les tâches ménagères, ce qui leur laisse moins de temps pour participer aux enquêtes.

Des difficultés ont été rencontrées sur le terrain plus particulièrement dans les marchés. Il manque de collaboration chez certains tradipraticiens. Certains ont refusé catégoriquement de répondre aux questionnaires, tandis que d'autres ont demandé à être payé. Face à ces difficultés le nombre des enquêtes par marché s'est réduit de 10 à 5 personnes. Le manque de collaboration de certains tradipraticiens peut expliquer par plusieurs raisons dont entre autres: le refus de partager leurs secrets professionnels; le manque de reconnaissance de certains chercheurs à leur égard lors des publications des travaux; il faut noter également le manque de moyens de subsistance chez la grande majorité de ces tradipraticiens.

Il existe une différence d'appellation de striga par les différentes ethnies du Niger. Cette différence d'appellation a également été confirmée par [13] et [5].

Le striga joue un rôle socio-économique important. En effet, il est utilisé dans des préparations médicamenteuses pour traiter diverses pathologies telles que l'hypertension, la rougeole, l'épilepsie, les plaies chroniques, le diabète, etc. Ceci confirme les observations faites par [18], [5], et [2] qui ont déjà signalé que le striga est diversement utilisé par de nombreuses populations locales dans leurs soins de santé. Le striga est aussi utilisé dans d'autres catégories d'usages qui s'intègrent parfaitement aux réalités socio-culturelles du pays à savoir: fourrage, teinture, l'alimentation humaine, insecticide, lutte contre l'érosion, et combustible, et les mystiques.

Les résultats des enquêtes ont montré qu'en médecine traditionnelle humaine la plante entière est utilisée. Ces résultats sont différents de ceux obtenus par différents autres [3], [1] et [8], qui ont identifié que les feuilles sont les organes les plus utilisés pour le traitement des maladies, suivies des tiges et des écorces. L'utilisation fréquente des feuilles serait justifiée par l'abondance des groupes chimiques qu'elles contiennent, car connues comme le lieu de synthèse des métabolites secondaires du végétal [9], [10], et [7]. La différence observée serait liée à l'utilisation à l'état sec de *striga*, généralement le *striga* est utilisé à l'état sec car il est disponible à l'état frais seulement pendant la saison des pluies (2 mois) pour les 10 mois restant le *striga*

est attaché et séché et généralement à l'état sec les graines, les feuilles et fleurs tombent facilement. En fin c'est quelques feuilles et graines qui restent avec les tiges.

La forme en poudre est le mode de préparation le plus cité par les enquêtés. Ce qui est en désaccord avec les résultats de plusieurs auteurs [11], [19] et [17]. La différence observée serait liée au mode de conservation du produit car la conservation de la décoction du produit ne peut pas dépasser 3 jours en dehors du réfrigérateur alors que la poudre peut être conservée pendant des mois. L'administration se fait par la voie orale qui est la plus fréquente et la voie cutanée.

5 CONCLUSION

Cette étude a permis de mettre à jour les différents usages de striga dans les 6 régions du Niger. Bien qu'il soit une plante nuisible le striga occupe une importante place au sein des ressources végétales des populations du Niger, il est utilisé dans les traitements thérapeutiques humains et animaux pour soigner certaines maladies et aussi dans d'autres catégories d'usages qui s'intègrent parfaitement aux réalités socio-culturelles du pays à savoir: le fourrage, la fertilisation des sols, le mystique, la teinture, le combustible, la lutte contre l'érosion, l'insecticide, et l'alimentation humaine. Ces résultats constituent une base de données importante pour la valorisation du striga afin de passer à une production de médicament traditionnel amélioré pour la santé humaine et animale. Cette valorisation doit passer par une validation scientifique pour justifier son utilisation. Certains usages du striga tels que la teinture, le combustible, l'insecticide, l'alimentation humaine, la médecine traditionnelle humaine et animale indiqués la mise en place d'une stratégie de gestion durable du striga pour la conservation de la Biodiversité.

REFERENCES

- [1] Abdou, L., & Mahamane, A. (2019). Perceptions et usages socioéconomiques du tamarinier (*Tamarindus indica* L.) dans le Sud- Ouest du Niger : Implications pour une domestication et une conservation durable. January.
- [2] Boussim, I. J., Yonli, D., & Salle, S. G. G. (2011). Etat d'infestation, connaissance endogène et approche systématique des espèces du genre *Striga* au Burkina Faso. 5 (August), 1374–1386. cs01082.pdf. (n.d.). Del, L. (2020). *Balanites aegyptiaca*. 16 (4), 239–252.
- [3] Erinoso, S. M., & Aworinde, D. O. (2012). Ethnobotanical survey of some medicinal plants used in traditional health care in Abeokuta areas of Ogun. 6 (18), 1352–1362. <https://doi.org/10.5897/AJPP12.127>
- [4] Gressel, J., Hanafi, A., Head, G., Marasas, W., Obilana, B., Ochanda, J., Souissi, T., & Tzotzos, G. (2004). Major heretofore intractable biotic constraints to African food security that may be amenable to novel biotechnological solutions. 23, 661–689. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2003.11.014>
- [5] Koua, F. H. M. (2011). *Striga hermonthica* (Del.) Benth : Phytochemistry and pharmacological properties outline. 01 (07), 5–9.
- [6] Kountche, B. A. (2016). *Striga* : a persistent problem on millets 1 6.
- [7] Kumar, P., Lalramnghinglova, H. (2011). India with special reference to an Indo-Burma hotspot region. *Ethnobotany, Research and Applications* 9: 379- 420.
- [8] Laouali, A., Boubacar, M. M., Issoufou, B., Ali, M., Moumouni, U. A., Biologie, D. De, & Mounkaila, L. G. (2020). *Diversité et usages des plantes médicinales à l'ouest du Niger*. 46 (2), 8164–8174.
- [9] Lumbu, S., Kahumba, B., Kahambwe, T., Mbayo, T., Kalonda, M., Mwamba, M., Penge, O. (2005). Contribution à l'étude de quelques plantes médicinales anti diarrhéiques en usage dans la ville de Lubumbashi et ses environs. *Annales de Pharmacie* 3 (1): 75-86.
- [10] Mangambu, M., Kamabu, V., Bola, MF. (2008). Les plantes médicinales utilisées dans le traitement de l'asthme à Kisangani et ses environs (Province Orientale, R.D.Congo). *Annales des Sciences, Université Officielle de Bukavu* 1 (1): 63-68.
- [11] Mehdioui, R., Kahouadji, A., Agdal, U. M. V, Sciences, F., & Biologie, D. De. (2007). Etude ethnobotanique auprès de la population riveraine de la forêt d'Amsittène : cas de la Commune d'Imi n'Tlit (Province d'Essaouira). 11–20.
- [12] Parker, C., & Parker, C. (2012). *Parasitic Weeds : A World Challenge Parasitic Weeds : A World Challenge*. 60 (2), 269–276. <https://doi.org/10.1614/WS-D-11-00068.1>.
- [13] Résistantes au *Striga* pour réduire les crises alimentaires dans la zone sahélienne Burkina Faso, Mali, Senegal GUIDE DE FORMATION EN LUTTE PARTICIPATIVE CONTRE LE STRIGA DANS LE SYTEME DE CULTURE A BASE DE SORGHOS Monsieur Amadou Sidibe, MSC Technologue semencier IER / URG-BP30, Bamako, Mali. (2009).
- [14] Rispail, N., Dita, M. A., González-Verdejo, C., Pérez-De-Luque, A., Castillejo, M. A., Prats, E.,... Rubiales, D. (2007). Plant resistance to parasitic plants: Molecular approaches to an old foe: Research review. *New Phytologist*, 173, 703–712. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2007.01980.x>.

- [15] Rodenburg, J., Bastiaans, L., Weltzien, E., & Hess, D. E. (2005). How can field selection for Striga resistance and tolerance in sorghum be improved? *Field Crops Research*, 93, 34–50. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.09.004>
- [16] Sallé, G., Raynal-Roques, A., et Tuquet, C. (1995). Un fléau en Afrique, les Striga. *Vie sci.* 12: 27–46.
- [17] Sangaré M.M., Sina H., Dougnon J., Babayala B., Ategbo JM., Dramane L.K., 2012. Etude ethnobotanique des plantes hépatotropes et l'usage traditionnel de *Gomphrena celosioides* Mart. (Amaranthaceae) au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 6 (6), 5008- 5021.
- [18] Traoré, H., Hess, DE., Hoffmann, G., Son, A., Sallé, G. (2001). Use of hand-weeding and herbicides to control *Striga hermonthica* in Burkina Faso. *African Crop Science Journal*, 9: 645-653.
- [19] Vol, N. (2008). Études de quelques plantes thérapeutiques utilisées dans le traitement de l'hypertension artérielle et du diabète : deux maladies émergentes en Côte d'Ivoire. 5, 39–48.
- [20] Welz, È., Geiger, H. H., Haussmann, B. I. G., & Hess, D. E. (2000). *Improved methodologies for breeding striga-resistant sorghums*. 66.
- [21] Westwood, J. H., de Pamphilis, C. W., Das, M., Fernández-Aparicio, M., Honaas, L. A., Timko, M. P.,... Yoder, J. I. (2012). The parasitic plant genome project: New tools for understanding the biology of *Orobanche* and *Striga*. *Weed Science*, 60, 295–306. <https://doi.org/10.1614/ws-d-11-00113.1>.

Modélisation hydrodynamique DELFT3D des courants de marée de la plage sous-marine du littoral sud-ouest de la Côte d'Ivoire

[DELFT3D hydrodynamic modelling of tidal currents on the underwater beach of the littoral sud-ouest of Côte d'Ivoire]

N'Guessan Eric Yao¹, Konan Roger Assie¹, and Josias Boanerges Nongbe²

¹UFR Environnement, Université Jean Lorougnon GUEDE, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

²UFR-STRM, Université Felix Houphouët-Boigny, Cocody-Abidjan, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

Copyright © 2024 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 fundamental tool of this study is the two and three-dimensional modeling software DELFT 3D. It was used to model the hydrodynamic processes of the harbor of San-Pédro (Côte d'Ivoire) and its immediate marine environment, with the input parameters such as tidal variations in tides and river flows, as well as average annual wind speeds. Studies focused on the behavior of current fields, water level variation, and the nature of the tidal wave. The calibration of the model followed by an analysis of the literature led us to choose a coefficient of $0.03 \text{ m}^{-1/3} \cdot \text{s}$, with which the model performs very well. Current fields tend to follow the wind direction, parallel to the coast at sea, while they fit the morphology of the roadstead. At sea, currents are exclusively linear at low water, and exceptionally gyratory at flood stage in front of the San-Pedro river outlet. In the roadstead, they are gyratory and linear, alternating in some places and permanently gyratory in others. The shape of the current also depends on its speed, with a limit of 1.5 cm/s for the appearance of gyratory currents at lower speeds. The current speeds in the roadstead are between 0 and 6 cm/s while at sea they are between 5 and 11 cm/s , exceptionally between 10 and 34 cm/s in front of the outlet. As water level variations are highly dependent on tide and season, they are greater in the roadstead (4cm on average) than at sea. The wave is stationary in roadstead, with the existence of the seiche phenomenon, and progressively dominant at sea. The seiche wave determines the directions of entry and exit of water from the roadstead, with low tide corresponding to an outflow of water and high tide, a period of transition between the ingress and egress of water from the roadstead.

KEYWORDS: DELFT 3D, Foreshore, Submersion rate, Coastline, San-Pedro.

RESUME: L'outil fondamental de cette étude est le logiciel de modélisation numérique à deux et trois dimensions DELFT 3D. Il a été utilisé pour modéliser les processus hydrodynamiques du port de San-Pédro (Côte d'Ivoire) et de son environnement marin immédiat, avec comme paramètre d'entrée : les variations de la marée et des débits fluviaux ainsi que la moyenne annuelle du vent. Les études se sont portées sur le comportement des champs de courant, la variation du niveau d'eau, et la nature de l'onde de marée. Le calage du modèle suivi d'une analyse de la littérature nous a amené à choisir un coefficient de $0,03 \text{ m}^{-1/3} \cdot \text{s}$, avec lequel le modèle est très bon. Les champs de courant ont tendance à suivre la direction du vent, parallèle à la côte en mer, tandis qu'ils épousent la morphologie de la rade. En mer les courants sont exclusivement linéaires en étiage et exceptionnellement giratoire en crue en face de l'exutoire du fleuve San-Pedro. En rade, ils sont giratoires et linéaires, alternativement pour certains endroits et giratoires permanemment pour d'autres. La forme du courant dépend aussi de sa vitesse, avec une limite de $1,5 \text{ cm/s}$ d'apparition des courants giratoires en baissant les vitesses. Les vitesses en rade sont entre 0 et 6 cm/s alors qu'en mer ils sont entre 5 et 11 cm/s , exceptionnellement entre 10 et 34 cm/s en face de l'exutoire. Les variations de niveau d'eau dépendant fortement de la marée et de la saison, elles sont plus importantes en rade qu'en mer. L'onde est stationnaire en rade, avec l'existence du phénomène de seiche, et à dominance progressive en mer. L'onde de

seiche détermine les directions d'entrée et de sortie d'eau de la rade avec la basse mer qui correspond à une sortie d'eau et la pleine mer, une période de transition entre l'entrée et la sortie d'eau de la rade.

MOTS-CLEFS: DELFT 3D, Estran, Taux de submersion, Littoral, San-Pédro.

1 INTRODUCTION

Situé dans le sud-ouest de la Côte d'Ivoire, précisément entre la longitude comprise entre 761900 et 768300E et la latitude entre 521300 et 526600N dans les Coordonnées UTM WGS84, notre zone d'étude, le Port Autonome de San-Pédro (PASP) est le second port de Côte d'Ivoire et le seul port en eau profonde du pays. Les travaux d'extension nécessitent que soit résolue au préalable certaines questions relatives à la sécurité des activités portuaires et à la compréhension de l'hydrodynamisme y afférent. Cela permettra de prévenir toute incidence comme l'érosion rapide et soudaine à l'est du chenal central, ou encore la rupture de la jetée ouest du port. C'est pour répondre à ces besoins que cette présente étude de modélisation numérique des courants marins de la plage sous-marine de San-Pedro a été menée. Toutefois, l'appréhension de cette étude et du thème, nécessite que soit survolé les travaux antérieurs de la spécialité sur la zone d'étude.

Jusqu'à récemment, tous les travaux de modélisation numérique des systèmes hydrodynamique et morphodynamique du littoral ivoirien ne concernait que le littoral sud-est, avec le Port Autonome d'Abidjan et la lagune Ebrié [14] et [16]. Les études sur le littoral sud-ouest de la Côte d'Ivoire et particulièrement le port Autonome de San-Pedro était des mesures ponctuelles; citons par exemple [2] pour leur observation sur l'hydrodynamisme du port ou encore [7] pour ses travaux sur l'évolution morphodynamique du périmètre portuaire de San-Pedro. Il a fallu attendre [13] pour avoir à notre connaissance un premier modèle numérique hydrodynamique de la rade portuaire de San-Pedro, et cela par le logiciel SMS (Surfacewater Modeling System). Il s'est attelé à décrire le comportement des champs de courants, la variation du niveau d'eau, et a effectué un bilan de masse. Les travaux de la présente étude s'inscrivent dans la poursuite d'une description plus approfondie des travaux de [13], avec un logiciel qui a servi à modéliser l'Hydrodynamisme et le Morphodynamisme de la lagune Ebrié, DELFT 3D [10]. Aucune étude n'a simulé l'influence que pouvait avoir les variations du débit du fleuve sur l'hydrodynamisme du port. [13] et [17] dans leur modèle numérique, ce sont concentré sur la rade, la mer n'a pas été pris en compte ni le chenal d'entrée dans son entièreté. [7] dans la perspective d'une compréhension approfondie des mécanisme et phénomènes recommande une étude par modèle du périmètre portuaire de San-Pedro. En outre, il y a un manque de données et de connaissances sur la nature de l'onde (stationnaire ou progressive) et ses conséquences sur le comportement des champs de courants. Toutes ces observations ont emmené à se poser la question suivante: Quel est l'impact de la variation du débit du fleuve San-Pedro sur l'hydrodynamisme des courants marins de la plage sous-marine du littoral sud-ouest de la Côte d'Ivoire ?

Les modèles en générale permettent de faire ressortir les processus pertinents. Les simulations numériques de l'hydrodynamisme révèlent quant à elles plusieurs avantages du fait qu'elles sont utilisées pour simuler les phénomènes fondamentaux. De ce fait, elles sont la base de plusieurs autres études de modélisation, notamment le transport de sédiment, la morphologie, les vagues, la qualité de l'eau et/ou les changements écologiques. La modélisation des courants de marée est particulièrement utile dans le traçage de particules (cas de fuite de polluant ou propagation d'un contaminant), l'étude des zones d'approvisionnement et de déversement des eaux industrielles (centrale thermiques ou nucléaire par exemple), la navigation (zone de turbulences ou pas), la pêches (zone de upwellings et zones calmes et/ou de reproductions), l'érosion et le transport de sédiment (la dynamique de mobilisation et de déplacement des particules). Cette présente étude a pour objectif de simuler et comprendre le fonctionnement hydrodynamique du port de San-Pedro, et par une connaissance synoptique des champs de courants dans la zone, s'avère être d'une grande utilité dans un contexte de modernisation du port de San-Pédro et de développement des activités anthropiques dans la région.

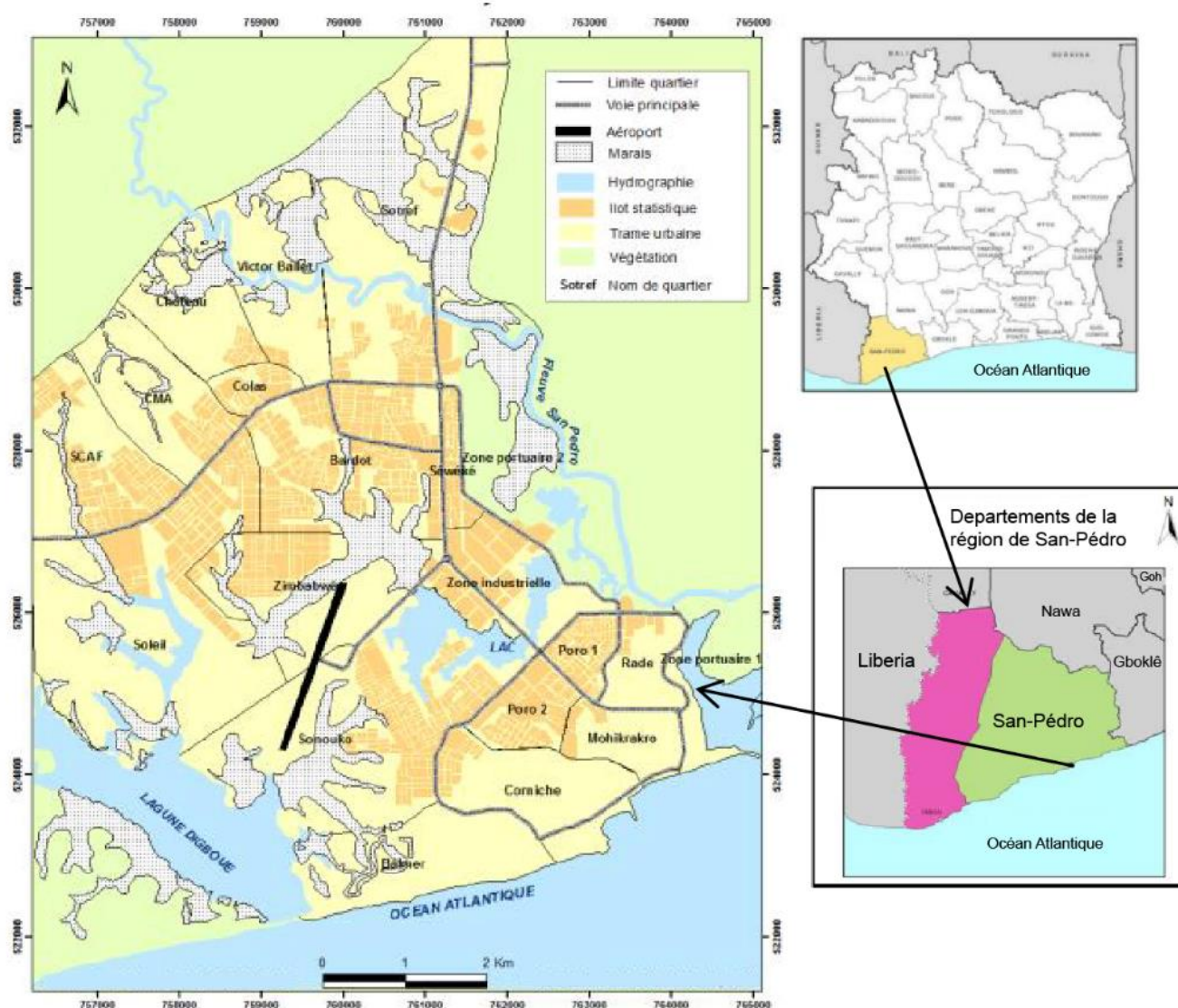


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude

2 METHODOLOGIE

2.1 PRESENTATION DU LOGICIEL DELFT 3D

La modélisation hydrodynamique requiert un certain nombre de données à savoir: la bathymétrie de la zone d'étude, la marée en mer, le vent (vitesse et direction), la hauteur d'eau etc. L'intégration et l'analyse de ces données dans la présente étude a nécessité l'utilisation de certains logiciels: Principalement DELFT 3D. Delft 3D est un logiciel pluridisciplinaire développé par l'institut de recherche hollandais "Deltares". Il est composé de modules (Figure 2) qui permettent chacun de réaliser la modélisation de processus spécifique aux environnements fluviaux, estuariens et costaux. Ce travail peut être effectué et présenté en deux ou trois dimensions [4].

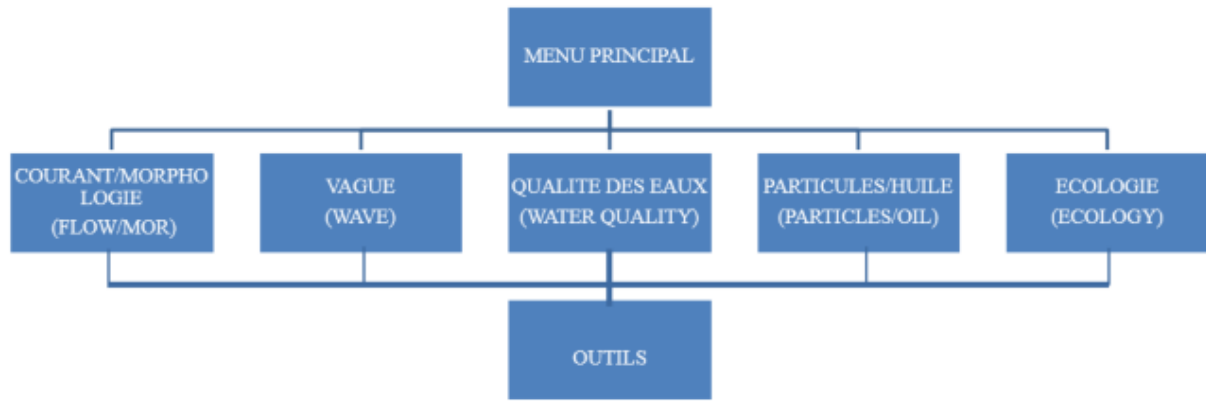


Fig. 2. Architecture du système de Delft 3D

L'accent sera mis sur le module traitant de la circulation des eaux et du transport des sédiments (FLOW). Le module FLOW est basé sur les équations de Navier-Stokes. Dans le plan horizontal, Delft 3D-Flow, les coordonnées curvilinéaires sont soit le système de coordonnées cartésiennes (ξ, η) soit sphérique (λ, ϕ) . Les coordonnées sphériques sont un cas particulier des coordonnées curvilinéaires orthogonales avec:

$$\xi = \lambda, \eta = \phi, \sqrt{G\xi\xi} = R \cos \phi, \sqrt{G\eta\eta} = R \quad (1)$$

Les équations de mouvement dans le plan horizontal décrivent les mouvements des particules d'eau dans le plan horizontal selon l'équation:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{u}{\sqrt{G\xi\xi}} \frac{\partial u}{\partial \xi} + \frac{v}{\sqrt{G\eta\eta}} \frac{\partial u}{\partial \eta} + \frac{\omega}{d+\zeta} \frac{\partial u}{\partial \sigma} - \frac{v^2}{\sqrt{G\xi\xi}} \frac{1}{\sqrt{G\eta\eta}} \frac{\partial \sqrt{G\eta\eta}}{\partial \xi} + \frac{uv}{\sqrt{G\xi\xi}} \frac{1}{\sqrt{G\eta\eta}} \frac{\partial \sqrt{G\xi\xi}}{\partial \eta} - fv = -\frac{1}{\rho_0 \sqrt{G\xi\xi}} P_\xi + F_\xi + \frac{1}{(d+\zeta)^2} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(V_v \frac{\partial \mu}{\partial \sigma} \right) + M_\xi \quad (2)$$

et

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{u}{\sqrt{G\xi\xi}} \frac{\partial v}{\partial \xi} + \frac{v}{\sqrt{G\eta\eta}} \frac{\partial v}{\partial \eta} + \frac{\omega}{d+\zeta} \frac{\partial v}{\partial \sigma} - \frac{uv}{\sqrt{G\xi\xi}} \frac{1}{\sqrt{G\eta\eta}} \frac{\partial \sqrt{G\eta\eta}}{\partial \xi} + \frac{u^2}{\sqrt{G\xi\xi}} \frac{1}{\sqrt{G\eta\eta}} \frac{\partial \sqrt{G\xi\xi}}{\partial \eta} - fu = -\frac{1}{\rho_0 \sqrt{G\eta\eta}} P_\eta + F_\eta + \frac{1}{(d+\zeta)^2} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(V_v \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) + M_\eta \quad (3)$$

uv est le coefficient de viscosité turbulente dans le plan vertical. Les variations de densité sont négligées, excepté dans les termes de la variation barocline. P_ξ et P_η représentant les gradients de pression. Les forces

F_ξ et F_η dans les équations de mouvement, représentent le déséquilibre des stressés horizontaux de Reynold.

M_ξ et M_η représentent la contribution dues aux sources externes.

Dans l'hypothèse des eaux peu profondes, l'équation de mouvement verticale est réduite à une équation de la pression hydrostatique. Les accélérations verticales dues aux effets de flottabilité et aux soudaines variations sur le fond topographique ne sont pas prises en compte. Ainsi:

$$\frac{\partial P}{\partial \sigma} = -g\rho H \quad (4)$$

$$P = P_{atm} + gH \int_{\sigma}^0 \rho(\xi, \eta, \sigma', t) d\sigma' \quad (5)$$

$$\frac{1}{\rho_0 \sqrt{G\xi\xi}} P_\xi = \frac{g}{\sqrt{G\xi\xi}} \frac{\partial \zeta}{\partial \xi} + \frac{1}{\rho_0 \sqrt{G\xi\xi}} \frac{\partial P_{atm}}{\partial \xi} \quad (6)$$

$$\frac{1}{\rho_0 \sqrt{G\eta\eta}} P_\eta = \frac{g}{\sqrt{G\eta\eta}} \frac{\partial \zeta}{\partial \eta} + \frac{1}{\rho_0 \sqrt{G\eta\eta}} \frac{\partial P_{atm}}{\partial \eta} \quad (7)$$

(5) est obtenue après intégration de (4).

Premièrement, on considère l'eau avec densité constante et ensuite avec une densité non uniforme. Pour une eau densité constante, et tenant compte de la pression atmosphérique, gradients de pression sont (6) et (7).

Les contraintes horizontales de Reynolds $F\xi$ et $F\eta$ sont déterminées par rapport au concept de viscosité turbulente [18] selon l'équation suivante:

$$F\xi = \frac{1}{\sqrt{G\xi\xi}} \frac{\partial \tau_{\xi\xi}}{\partial \xi} + \frac{1}{\sqrt{G\eta\eta}} \frac{\partial \tau_{\xi\eta}}{\partial \eta} \text{ et } F\eta = \frac{1}{\sqrt{G\xi\xi}} \frac{\partial \tau_{\eta\xi}}{\partial \xi} + \frac{1}{\sqrt{G\eta\eta}} \frac{\partial \tau_{\eta\eta}}{\partial \eta} \quad (8)$$

Dans Delft3D-FLOW, la redéfinition de la contrainte du système cartésien au système de coordonnées σ , se fait par une rotation et introduit des dérivés supplémentaires [5]. Cette redéfinition suppose que l'échelle de longueur horizontale est beaucoup plus grande que la profondeur de l'eau [1]. A petite échelle, les contraintes de cisaillement $\tau_{\xi\xi}, \tau_{\xi\eta}, F\xi, F\eta$ sont déterminées par:

$$\tau_{\xi\xi} = \frac{2\nu_H}{\sqrt{G\xi\xi}} \left(\frac{\partial u}{\partial \xi} + \frac{\partial u}{\partial \sigma} \frac{\partial \sigma}{\partial \xi} \right) \quad (9)$$

$$\tau_{\xi\eta} = \tau_{\eta\xi} = \nu_H \left\{ \frac{1}{\sqrt{G\eta\eta}} \left(\frac{\partial u}{\partial \eta} + \frac{\partial u}{\partial \sigma} \frac{\partial \sigma}{\partial \eta} \right) + \frac{1}{\sqrt{G\xi\xi}} \left(\frac{\partial v}{\partial \xi} + \frac{\partial v}{\partial \sigma} \frac{\partial \sigma}{\partial \xi} \right) \right\} \quad (10)$$

$$F\xi = \nu_H \left(\frac{1}{\sqrt{G\xi\xi}\sqrt{G\xi\xi}} \frac{\partial^2 u}{\partial \xi^2} + \frac{1}{\sqrt{G\eta\eta}\sqrt{G\eta\eta}} \frac{\partial^2 v}{\partial \eta^2} \right) \quad (11)$$

$$F\eta = \nu_H \left(\frac{1}{\sqrt{G\xi\xi}\sqrt{G\xi\xi}} \frac{\partial^2 v}{\partial \xi^2} + \frac{1}{\sqrt{G\eta\eta}\sqrt{G\eta\eta}} \frac{\partial^2 u}{\partial \eta^2} \right) \quad (12)$$

2.2 CONSTRUCTION DU MODELE

La réalisation d'un modèle hydrodynamique dans Delft 3D se fait en cinq (05) grandes étapes:

- ✓ Acquisition de la bathymétrie;
- ✓ Réalisation de la grille couvrant la zone d'étude;
- ✓ Interpolation de la bathymétrie dans la zone couverte par la grille;
- ✓ Définition des conditions initiales;
- ✓ Définition des conditions à imposer aux limites ouvertes de la zone d'étude

Suite à ces étapes, il est effectué un calibrage du modèle afin qu'il puisse représenter au mieux la réalité.

- Acquisition de la bathymétrie

L'acquisition des données de la bathymétrie s'est faite à partir d'un plan de sondage du Bassin, du chenal, et des darses du rivage est et ouest, Le logiciel MapInfo Professional 7.5 a été usité pour effectuer un géoréférencement. Après le géoréférencement, les coordonnées x, y, ainsi que la profondeur z de chaque point bathymétrique ont été manuellement saisies dans un tableur Excel (*.xls). Cette bathymétrie a été interpolé à la bathymétrie du plateau continental ivoirien de [15], pour inclure l'embouchure du fleuve. En outre afin et d'attester de la fiabilité de notre modèle, nous nous sommes procuré les enregistrements de la marée des deux marégraphes du port. Nous comparerons ces données avec les prévisions du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM).

- Réalisation de la grille

Après l'acquisition de la bathymétrie, on commence par couvrir la surface de notre zone d'étude d'une grille, c'est-à-dire en plusieurs cellules contiguës qui contiennent chacune les informations bathymétriques nécessaires pour le calcul des différents processus à modéliser. Dans le plan horizontal (2D), le Delft 3D-FLOW utilise une grille orthogonale qui peut être rectangulaire, sphérique ou curvilinéaire. Le type de grille à choisir est fonction de la forme de la zone d'étude. Les directions de grille réalisée dans Delft 3D suivent deux axes que sont M et N, avec l'axe M tendant vers l'horizontal et l'axe N vers la verticale. Ainsi chaque cellule de la grille est repérée par ses coordonnées selon ces deux axes (Figure 3).

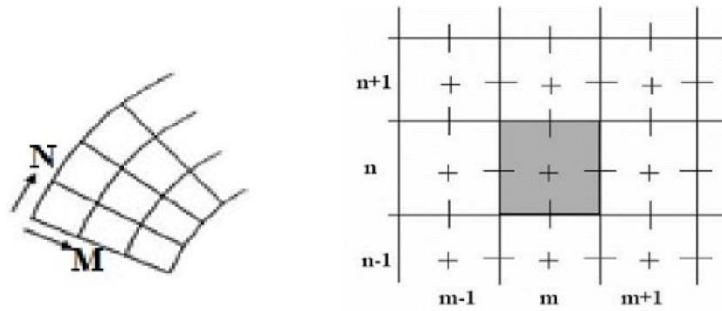


Fig. 3. Directions et coordonnées des cellules d'une grille dans Delft 3D

Dans notre étude, nous avons utilisé une grille curviligne dans le plan horizontal car permet d'épouser les contours de la rade et de la côte. La Figure 4 montre à droite la grille après conversion des « splines » à gauche. La grille utilisée est en système de coordonnées cartésien et possède 90 points de grille dans la direction M et 197 points de grilles dans la direction N. Pour qu'elle soit valide, elle doit respecter le critère d'orthogonalité et de ratio d'aspect. L'orthogonalité de notre grille est présentée sur la Figure 5, les valeurs γ sont presque toutes inférieures à 0,03, quelque rares points notamment l'extrémité nord de la rade, mais c'est une zone isolée entouré de ligne présentant des orthogonalités inférieures à 0,015. La Figure 5 montre également le ratio d'aspect de notre grille, généralement inférieure à 1,2 avec quelques zones sensiblement supérieures à 1,4 dans la rade.

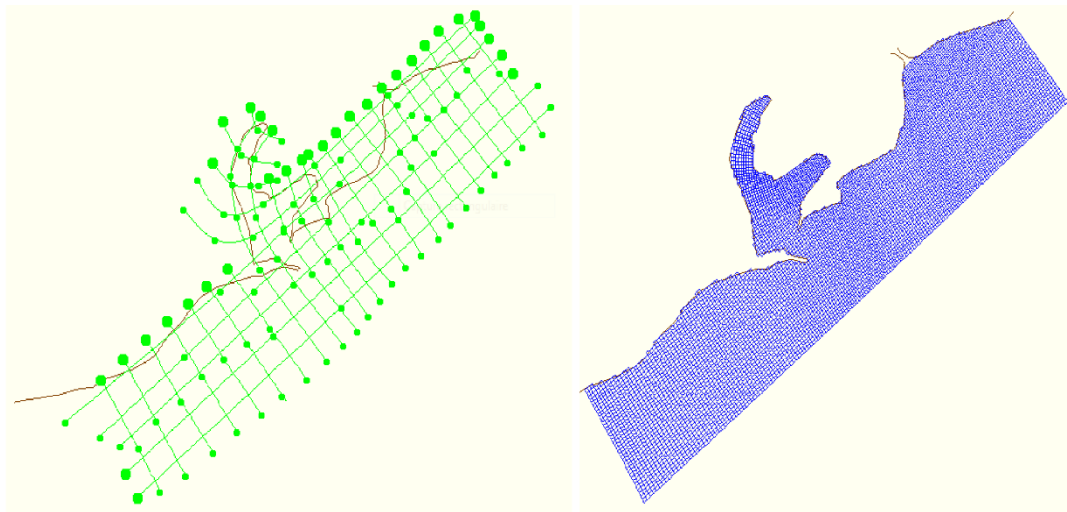


Fig. 4. « Splines » (gauche) et grille (droite) de la zone d'étude

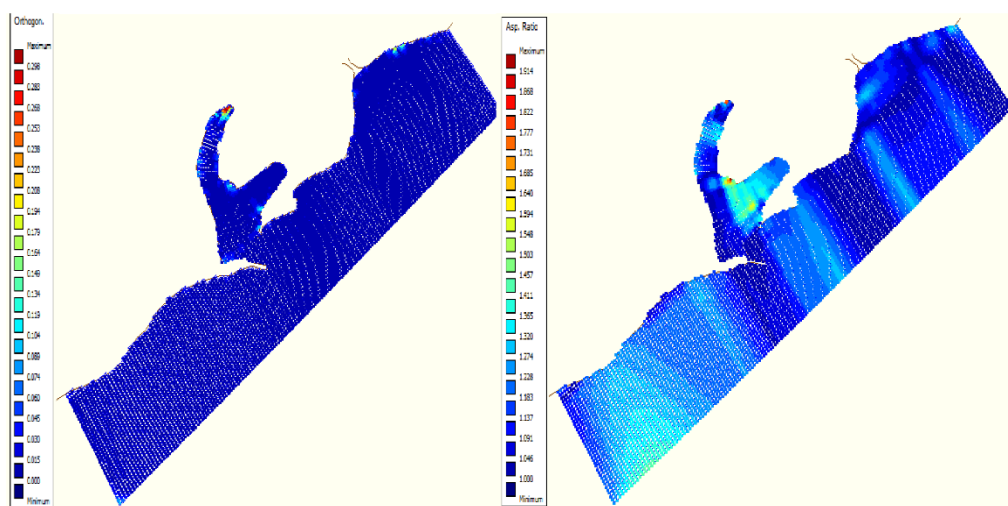


Fig. 5. Orthogonalité (droite) et Ratio d'aspect (gauche) de la zone d'étude

- Interpolation de la bathymétrie sur la grille

En superposant les données bathymétriques avec la grille que nous avons réalisée (Figure 6, gauche), on constate qu'il y a certaines cellules qui sont vides et d'autres qui contiennent plusieurs points bathymétriques. Nous allons interpoler les données et utiliser tous les outils fournis par « QUICKIN » (lissage, moyenne des cellules, diffusion interne et interpolation triangulaire) pour étendre la bathymétrie à toute notre surface d'étude afin que chaque cellule contienne au moins un point bathymétrique. Nous avons appliqué chacun de ces outils sur l'ensemble de notre zone d'étude pour obtenir le résultat qui suit (Figure 6, droite). Il s'agit d'une bathymétrie allant de 1 à 16 mètres, avec les valeurs les plus faibles (entre 1 et 3 m) aux bras nord et est de la rade, ainsi que sur la côte.

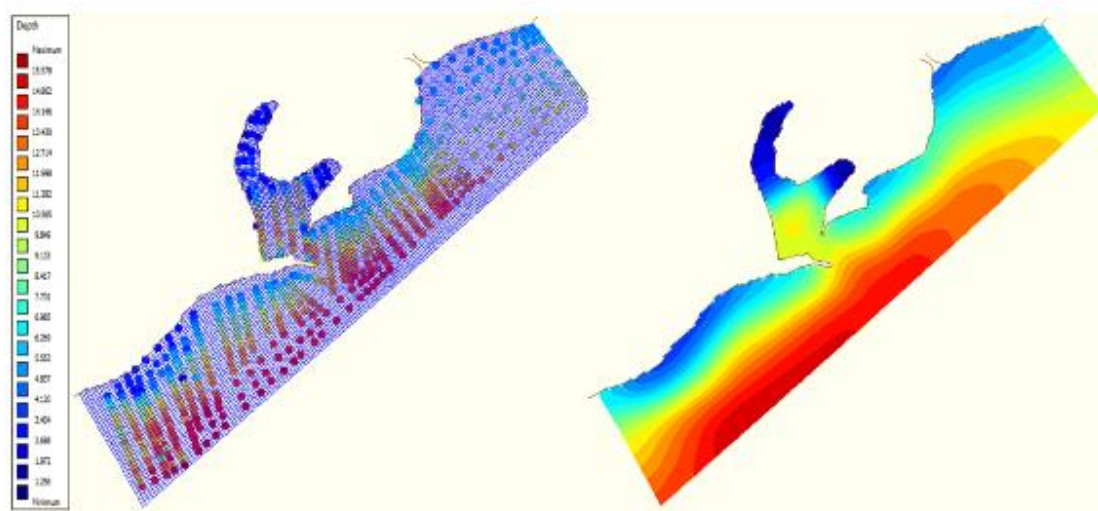


Fig. 6. Grille sur la bathymétrie avant (gauche) et Bathymétrie après interpolation (droite)

- Conditions initiales du modèle

Les conditions initiales définissent les valeurs initiales avec lesquelles les calculs pour la simulation se feront. Ces valeurs sont requises pour toutes les variables dépendantes telles que: le niveau d'eau, la température, la salinité, la concentration de sédiment et l'épaisseur de la couche de sédiment. Le choix de ces valeurs est arbitraire. Cependant, l'écart entre les valeurs initiales et les conditions aux limites ne doit pas être trop grand au début de la simulation. Auquel cas, cette situation pourrait

entraîner des erreurs. Dans notre étude, la condition initiale fixée pour le niveau d'eau est 1 m. C'est un choix arbitraire qui s'assure tout de même d'un écart modéré aux conditions aux limites.

- Conditions aux limites du modèle

Pour notre modèle, nous avons décidé de faire la simulation avec deux (02) limites ouvertes, eu égard de leur localisation, de l'importance des processus qui s'y déroulent et leur impact sur l'hydrodynamisme de la zone d'étude que sont l'exutoire du fleuve San-Pédro et le large (en mer) (Figure 7). A l'exutoire du fleuve, la condition fixée est le débit moyen mensuel, en mer la condition fixée est la marée. En plus des conditions aux trois limites ouvertes, nous avons ajouté l'effet du vent sur toute la surface d'étude.

Les conditions fixées à ces limites ouvertes sont consignées dans le Tableau 1, selon les travaux de Molinier et Toilliez (1973) dans lequel, $3 \text{ m}^3/\text{s}$ est la limite qui détermine les périodes d'étiages, tandis que la valeur $315 \text{ m}^3/\text{s}$ est le débit de crue moyenne calculé sur 6 ans.

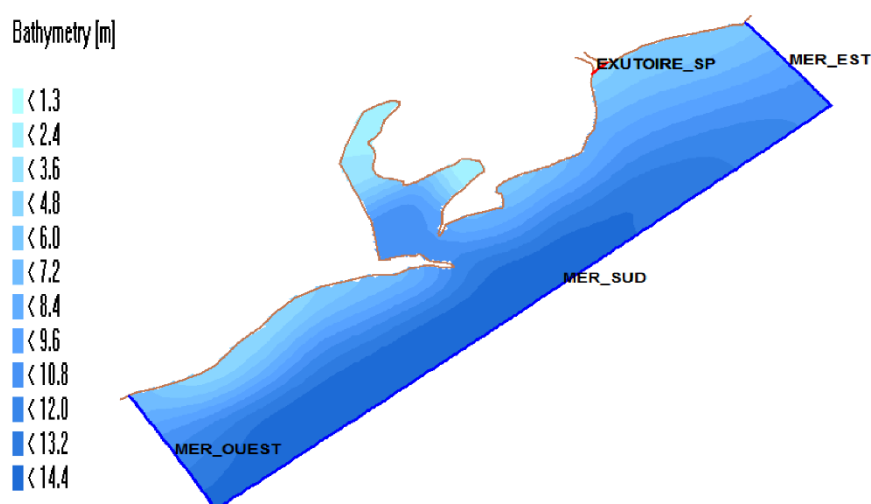


Fig. 7. Limites ouvertes, la mer et l'exutoire du fleuve San-Pédro

Tableau 1. Condition à la limite amont

Limite	Périodes	Conditions fixées	Nature
Exutoire du San-Pédro	Crue	Débit= $3.15 \text{ m}^3/\text{s}$	Série temporelle
	Etiage	Débit= $3 \text{ m}^3/\text{s}$	Série temporelle

La condition imposée à l'entrée du port est celle de la variation temporelle du niveau d'eau par rapport au niveau moyen de la mer ou marée (Figure 8). Ces données sont celles du marégraphe situé sur la digue Ouest à l'entrée du canal. Elles correspondent à la variation du niveau d'eau durant les mois de Février (étiage) et Juin (crue) 2020. C'est une marée semi-diurne, d'une période comprise entre 12h et 13h, avec un niveau moyen (moyenne arithmétique des hauteurs horaires) de 1.15 m en Février et 1.13 m en Juin.

Même si des données présentées dans la charte des vents dominants en fonction des saisons nous présentent des vents allant de 1 m/s à $2,5 \text{ m/s}$, une étude plus récente [10] fait état de moyennes de vitesses et de directions respectivement de 3 m/s et $N225^\circ$. Ce sont ces valeurs que nous avons fixé comme conditions aux limites du vent.

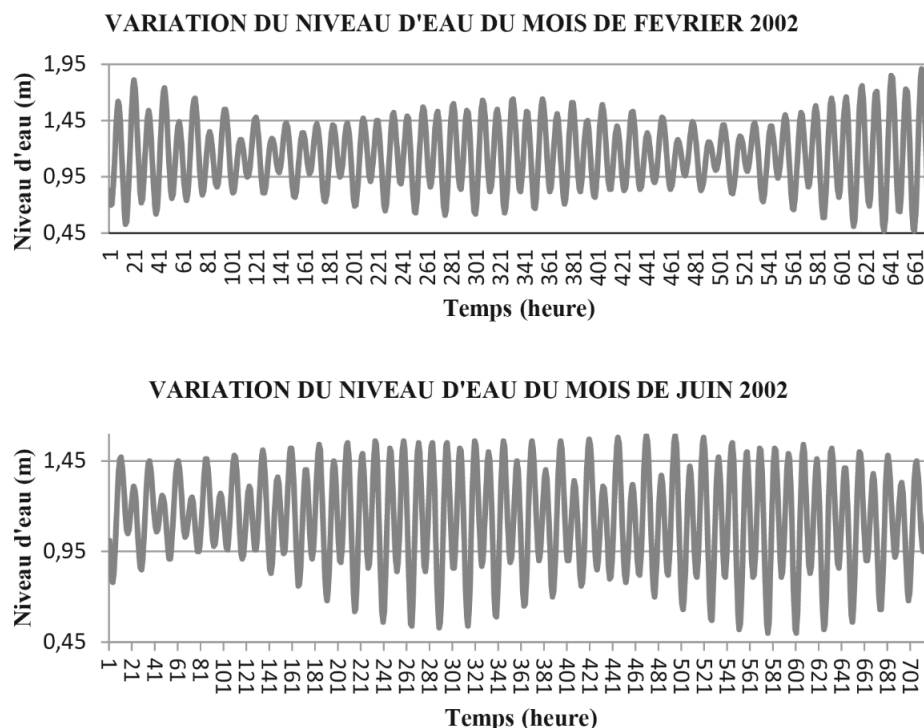


Fig. 8. Niveaux d'eau du PASP pour Février et Juin 2020

- Calage du modèle (calibrage)

Le calibrage du modèle s'est fait avec les données de deux (02) marégraphes: celui fixé à l'entrée du port (mg1), et celui installé à environ 20 m à l'intérieur du port du côté ouest (mg2). Sur notre grille, nous fixerons deux (02) points correspondant à la localisation exacte des deux marégraphes présentés plus haut, appelés points d'observations (Figure 9) à partir desquels sont enregistrés les résultats de notre modèle. Nous comparerons les résultats fournis par le modèle avec ceux fournis par les marégraphes.

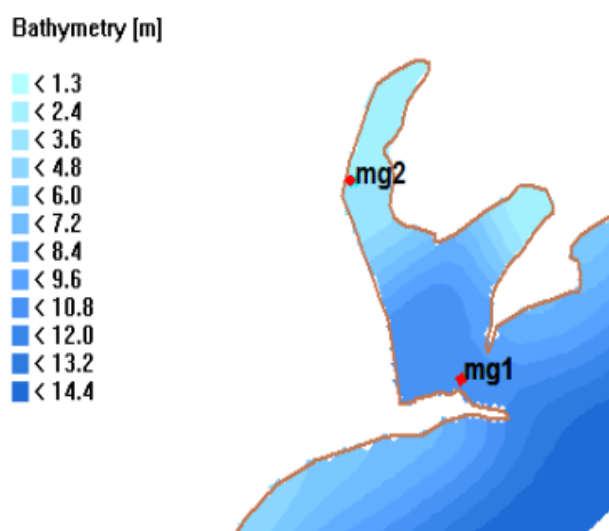


Fig. 9. Marégraphes du PASP

Nous avons établi ensuite un test de sensibilité qui consiste à lancer le modèle avec différentes valeurs du paramètre dont on veut voir l'impact sur les résultats du modèle. Ce test permet d'apprécier l'influence du paramètre en question sur le

modèle et aussi de déterminer sa valeur avec laquelle le modèle produit de bons résultats. Les Tests ont été réalisés sur les données les trois premiers jours du mois d'août 2020, les données de débits sont le débit moyen annuel du fleuve soit 22,8 m. Nos tests de sensibilité porteront sur: Le coefficient de rugosité du fond, la viscosité et la diffusivité de l'eau. Le pas de temps, valeur communément testée pour le calibrage n'est réellement pertinent que pour la durée des simulations et non la précision des calculs, il ne serra de ce ne fait pas tester et la valeur par défaut d'une (1) minutes serra admise pour toutes les simulations. La qualité des modèles sera mise en évidence par trois indicateurs statistiques: l'erreur quadratique moyenne (Root-Mean-Square Error: RMSE), le coefficient de corrélation (r) et le coefficient de détermination (R^2).

- La RMSE mesure la différence entre les valeurs prédites par un modèle et les valeurs observées, et représentée par l'équation ci-après. Plus la RMSE est faible, plus les valeurs modélisées sont proches de celles observées. Ainsi, la qualité de la prédiction est évaluée suivant des paliers de valeurs tels que présenté au Tableau 2. Son unité est celle du paramètre étudié

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (hc - ho)_i^2} \quad (13)$$

où n est l'effectif de la série, hc la hauteur d'eau calculée par le modèle et ho la hauteur d'eau observée.

Tableau 2. Qualification de la marge d'erreur pour RMSE [10]

Qualification RMSE	
Excellent < 0.2	
Bon $[0.2 - 0.4[$	
Moyen $[0.4 - 0.7[$	
Faible $[0.7 - 1]$	
Mauvais > 1	

- Le coefficient de corrélation (r) définit le degré de dépendance entre deux variables. C'est un nombre compris entre -1 (évolution strictement inverse des variables) et +1 (évolution strictement parallèle). Il est égal à la covariance mathématique des variables divisée par le produit des écarts-types

$$r = \frac{Cov(hc, ho)}{\sigma_{hc} \cdot \sigma_{ho}} \quad (14)$$

où hc la hauteur d'eau calculée par le modèle et ho la hauteur d'eau observée, $Cov(hc, ho)$ la covariance entre hc et ho . σ_{hc} et σ_{ho} , l'écart-type respectivement de hc et ho . $-1 \leq r \leq 1$. Une valeur de r proche de +1 montre une forte liaison entre les deux variables. La relation linéaire est ici croissante (c'est-à-dire que les variables varient dans le même sens); Une valeur de r proche de -1 montre également une forte liaison mais la relation linéaire entre les deux variables est décroissante (les variables varient dans le sens contraire); Une valeur de r proche de 0 montre une absence de relation linéaire entre les deux variables.

- Le coefficient de détermination mesure de la qualité du modèle; dans le cas d'une relation linéaire:

$$R^2 = (r)^2 = \left(\frac{Cov(hc, ho)}{\sigma_{hc} \cdot \sigma_{ho}} \right)^2 \quad (15)$$

avec $0 \leq R \leq 1$.

- Points de prélèvement

Une fois les paramètres fixés, l'extraction des données ponctuelles s'effectue en des points précis qui seront nommés points de prélèvements. Ces points sont aussi des points d'observation, fixées de façons arbitraires suivant des lieux qui auront été perçues comme étant d'intérêt. A cet effet, six (06) points ont été positionnées (Tableau 3, Figure 10).

Tableau 3. Coordonnées et profondeurs des points de prélèvement

Nom des points	Coordonnée	Coordonnée	Profondeur (m)
	X (m)	Y (m)	
RADE CENTRE	764399.00 E	524571.00 N	9.95
MAREGRAPHE 1 (MG1)	764579.00 E	524154.00 N	10.19
PORT FRONT	765095.00 E	525056.00 N	10.8
MER OUEST	764063.00 E	522982.00 N	13.7
MER FRONT	765481.00 E	523955.00 N	13.7
MER EST	767289.00 E	525193.00 N	11.82



Fig. 10. Points de prélèvement

3 RESULTATS

3.1 SIMULATION DES CHAMPS DE COURANT

Les simulations réalisées dans cette étude ont été faites avec les paramètres issus des tests de sensibilité (coefficient de rugosité, viscosité), en tenant compte des régimes du fleuve San-Pédro et des phases de la marée en mer. L'année choisie pour nos simulations est l'an 2020 soit la même année qu'au calage. La période de crue choisie est le mois de juin et celle d'étiage est le mois de février. En outre L'analyse du courant nous amène à subdiviser notre zone d'étude en secteurs (Figure 11). Ainsi les différents noms et les coordonnées des secteurs sont donnés dans le Tableau 4 ci-après.

Tableau 4. Secteurs de la zone d'étude (UTM WGS84)

Noms	Coordonnée X (km)	Coordonnée Y (km)
Rade	763.5 – 765.5	523.5 - 526
Exutoire	766 - 768	525 – 526.5
Mer ouest	762 - 765	521.2 - 524
Mer centre	765.5 – 766.5	523 - 525

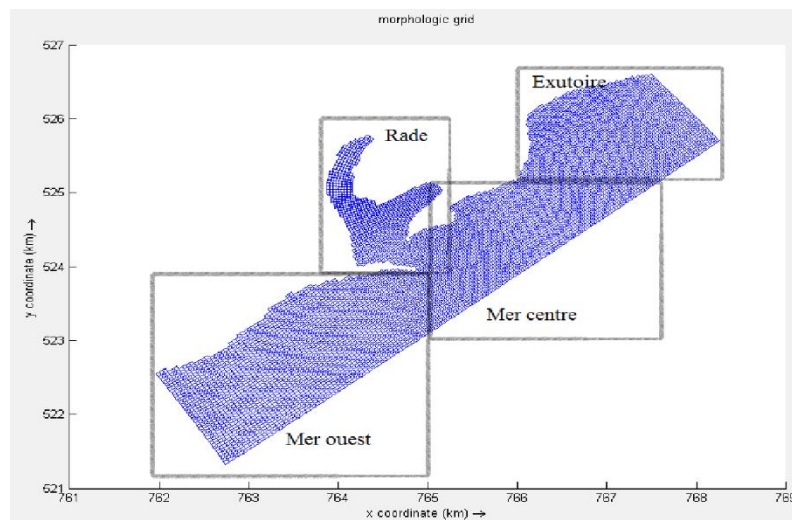


Fig. 11. Secteurs de la zone d'étude

- Période d'étiage

Deux formes de courant sont constatées: linéaire (alternatif) et giratoire. La forme linéaire se constate principalement dans l'axe qui conduit au bras nord de la rade (Figure 12), lorsque les intensités s'accroissent, régissant les périodes de migrations importantes de l'eau. Cette forme est aussi à constater dans le bras est sur une longueur de 200 m environ jusqu'à son bord. Il est à noter que les directions sont indépendantes de la direction du vent. La forme giratoire de courant est la plus commune et à certains endroits, installée de façons permanente tout au long du mois. Les courants giratoires permanentement installés tout au long du mois sont: à l'entrée de la rade; à l'entrée du bras est; à l'entrée du bras nord; à l'extrémité sud-ouest du port à la latitude 524.2 km N (quasi permanent).

Ceux qui ne sont pas permanents sont:

- dans le bras est suivant les cycles de transitions entre entrée et sortie de l'eau du bras;
- mi-parcours du bras nord, juste après l'entrée de la rade;
- Les courants giratoires de la rade de la période d'étiage (mois de février) sont tous antihoraires (tournant dans le sens inverse des aiguilles d'une montre) (Figure 13);
- Concernant les vitesses, l'entrée et l'intérieure de la rade atteint rarement 5,5 cm/s. les courants linéaires apparaissent pour des vitesses comprises entre 2,5 et 5 cm/s. Les courants giratoires sont généralement plus faibles en intensité, inférieur à 1 cm/s, ils se forment lorsque les valeurs de vitesse descendent sous 1,5 cm/s, sauf à l'entrée de la rade où elles peuvent atteindre 5 cm/s.

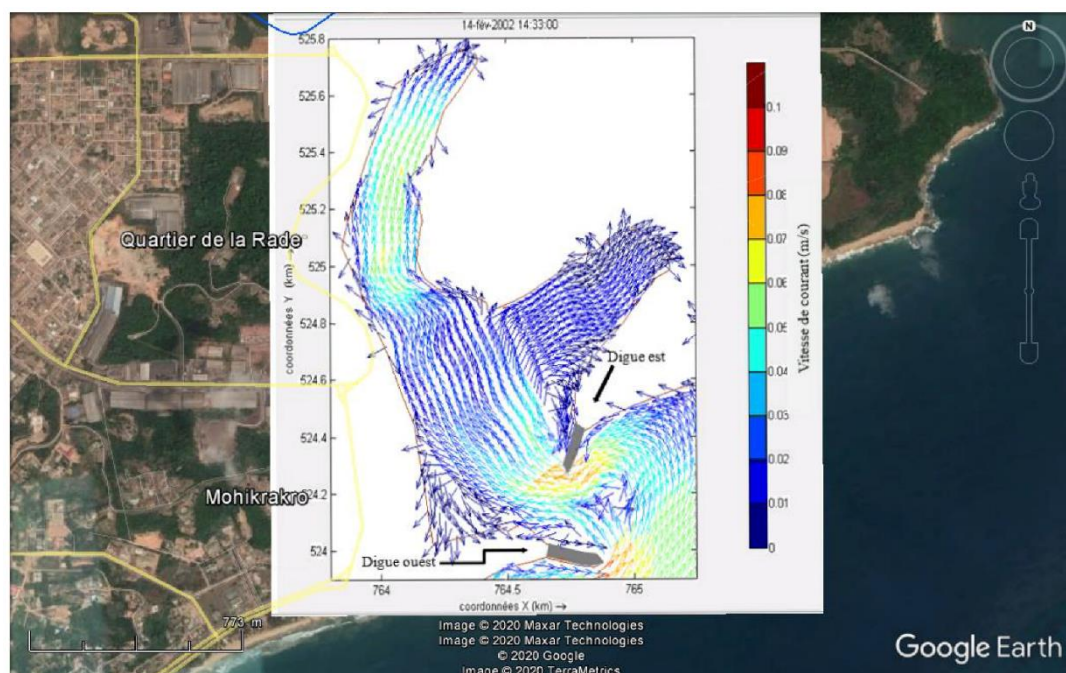


Fig. 12. Intensité des Courants linéaires (3 heures après la BM ou BM+3 à gauche)

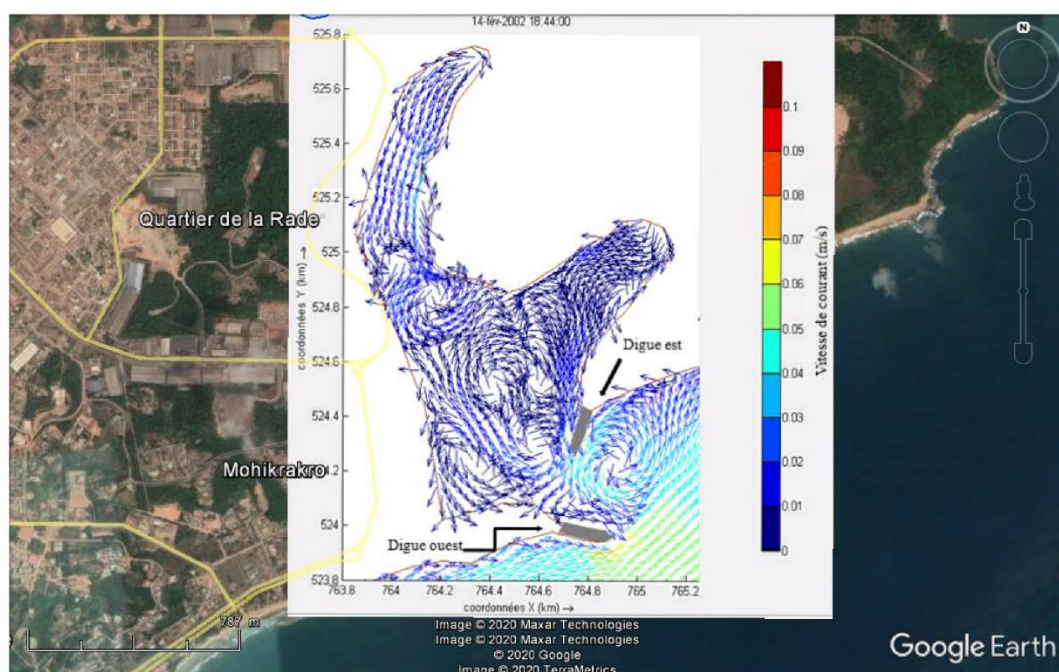


Fig. 13. Intensité des Courants rotatifs (PM) en étiage

Comme le montre la Figure 14, la forme linéaire, parallèle à la côte (entre WSW-ENE et SW-NE), est seule constatée (pas de courant giratoire). Les vitesses de courants décroissent dans le sens du déplacement du courant (d'ouest en est). Les vitesses n'excèdent quasiment jamais 11 cm/s, le foyer de vitesse compris entre 9 et 11 cm/s se trouve à la limite ouest de notre zone d'étude entre les longitudes 762.5 et 763 km E et les latitudes 521.5 et 522 km N (UTM WGS84). Les raisons de la présence du foyer à vitesse comprise entre 9 et 11 cm/s dans la partie sud-ouest du secteur semblent obscures. Toutefois, de façon générale, il semble qu'à la circulation du courant, la morphologie de la côte joue un rôle important dans l'accélération de la

vitesse du courant. En effet les zones de la côte présentant une forme avancée vers la mer ont des vitesses plus importantes que les zones creusant vers le continent, et cela suivant le même axe de propagation du courant.

La Figure 15 montre qu'il y a ici que deux courant de forme linéaire situés au large, dans la continuité du courant WSW-ENE et SW-NE, et sortant du fleuve côtoyant la partie ouest de la sortie du fleuve. En mer les vitesses sont généralement comprises entre 4,5 et 5,5 cm/s avec un foyer exceptionnel à 6,5 cm/s (Figure 15). Les courants entrants et sortant de la rade provoquent une distorsion de sens dans la continuité linéaire des courants SW-NE. Cependant il n'est pas de distorsion sur l'ordre des vitesses. En outre, c'est à peine si le courant côtoyant la côte ouest de l'exutoire atteint 1 cm/s et cela dans des sens alternants entré et sortie de l'eau de l'exutoire, même s'il est rare de voir l'eau de la mer pénétrer dans l'exutoire. Comme explication, il y a bien contestation entre le courant marin et le débit du fleuve, le premier n'offrant qu'un simple couloir ouest de sortie de l'eau douce du fleuve. Tout comme précédemment, la morphologie de la côte impacte les vitesses de courant. Les vitesses de courant en période d'étiage sont plus importantes en mer qu'en rade (maximum de 5.5 cm/s en rade contre maximum de 11cm/s en mer).

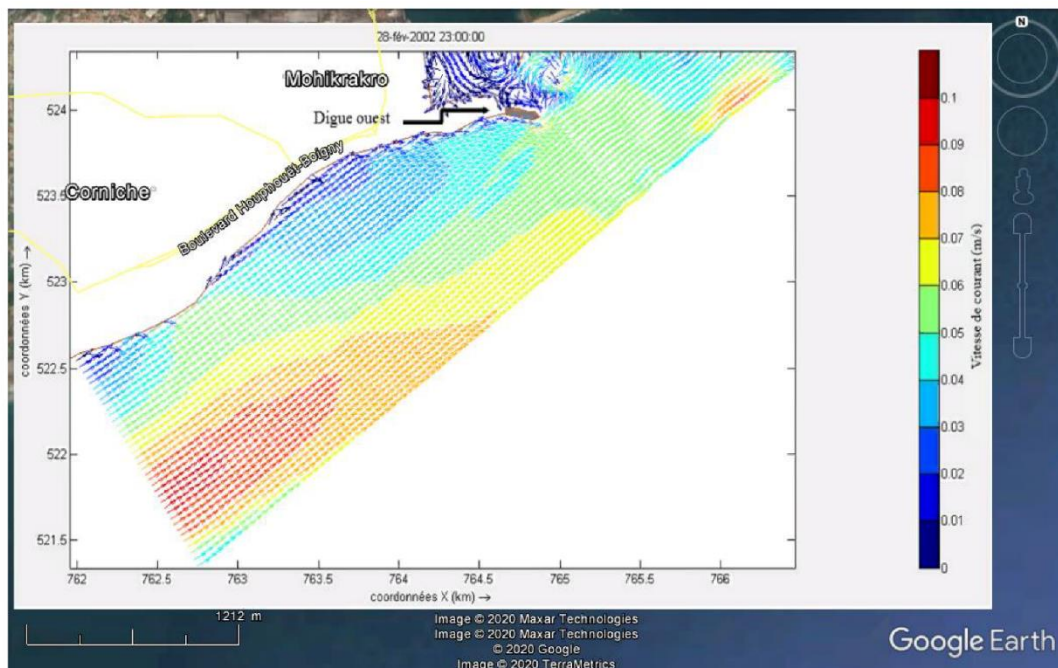


Fig. 14. Sens (WSW-ENE) et vitesse du courant linéaire du secteur mer ouest en étiage

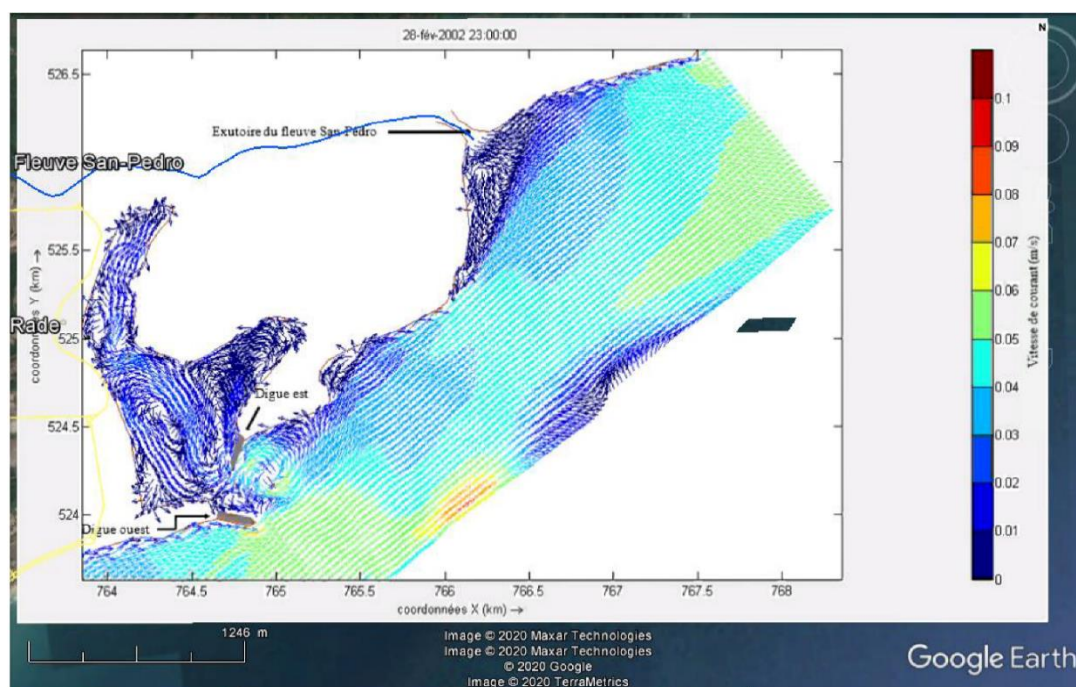


Fig. 15. Sens et vitesses des courants linéaires en mer secteur centre et exutoire en étiage

- Période de crue (juin 2020)

Au niveau du secteur rade, il se forme des courants à formes giratoires et linéaires. Parlant des courants alternatifs (linéaires), à l'intérieur de la rade, ils présentent de plus fortes intensités que les courants rotatifs (de même qu'en étiage). En effet, les courants linéaires marquent une accélération du mouvement d'entrée et de sortie d'eau de la rade, leur direction est plus ou moins parallèle à l'axe Nord-Sud du bras nord de la rade. Les mouvements d'entrées linéaires voient des vitesses plus importantes que les mouvements de sortie linéaires, sachant que les entrées et sorties se font généralement par courant linéaire (Figure 16). Concernant les courants rotatifs (giratoires), ils sont antihoraires (Figure 17). A l'entrée de la rade il semble s'être installé un courant rotatif antihoraire lors des périodes de sorties d'eau du port (tout comme en période d'étiage); lors des périodes d'entrée, ce même courant prend une forme semi-giratoire, n'accomplissant pas totalement les 360° de rotation sur lui-même. Les courants rotatifs sont la plupart du temps inférieurs à 1 cm/s atteignant rarement 4cm/s. Le bras allongé est-ouest de la rade témoigne de courants ne dépassant guère 1cm/s (Figure 16). La vitesse de circulation du courant et la morphologie de la zone semblent être les facteurs explicatifs des variations de forme des courants. Les courants giratoires se forment lorsque la largeur du passage de circulation des courants devient un multiple de la demi-longueur d'onde. Ceci pourrait être une explication à la présence de courants giratoires permanents. A cet effet les centres des courants giratoires permanents peuvent être considérés comme des nœuds vibratoires ou points amphidromiques. En outre, les courants giratoires se localisent aussi aux entrées de passages étroits, comme si l'organisation rotative permettait une meilleure organisation de l'écoulement du fluide avant son entrée dans un couloir. De même aux sorties de couloirs, le relâchement de la pression et l'occupation de zone de circulation plus large tend à étendre de façon radiale le mouvement du fluide. En étiage comme en crue, les vitesses les plus faibles correspondent aux courants rotatifs. 1,5 cm/s, la limite de transition du courant alternatif au courant rotatif en augmentant les vitesses jusqu'à 4 cm/s en crue et 5,5 cm/s en étiages. La direction de propagation des courants (surtout lin est fonction du mouvement du fluide dans l'espace disponible.

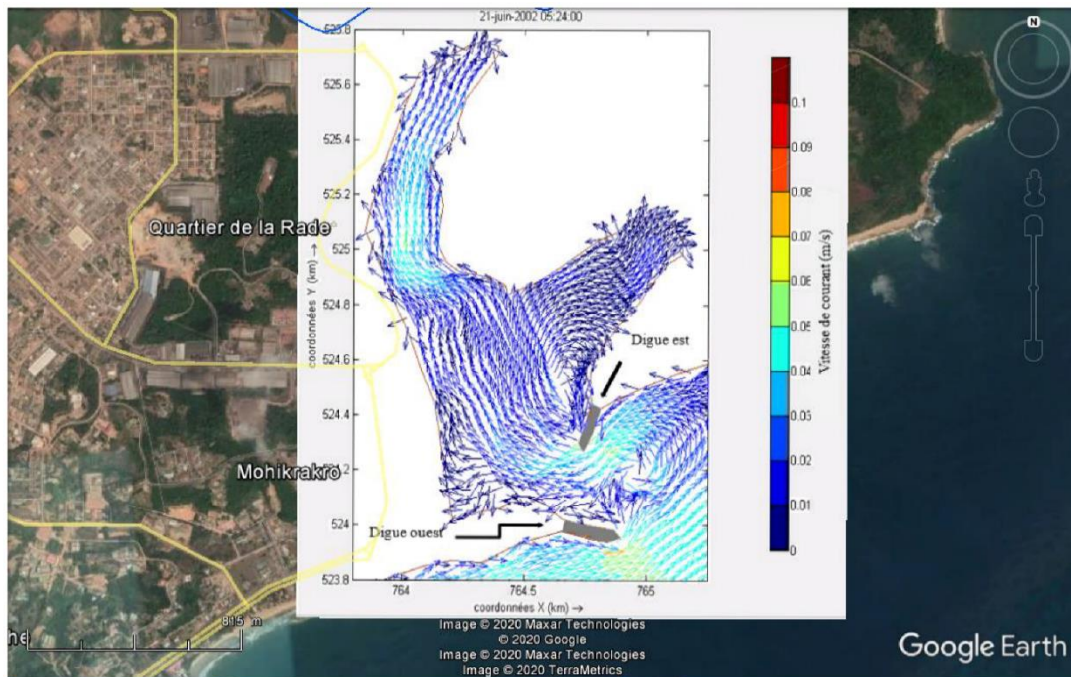


Fig. 16. Intensité des Courants linéaires en crue environ 3h après la PM (mi-perdant)

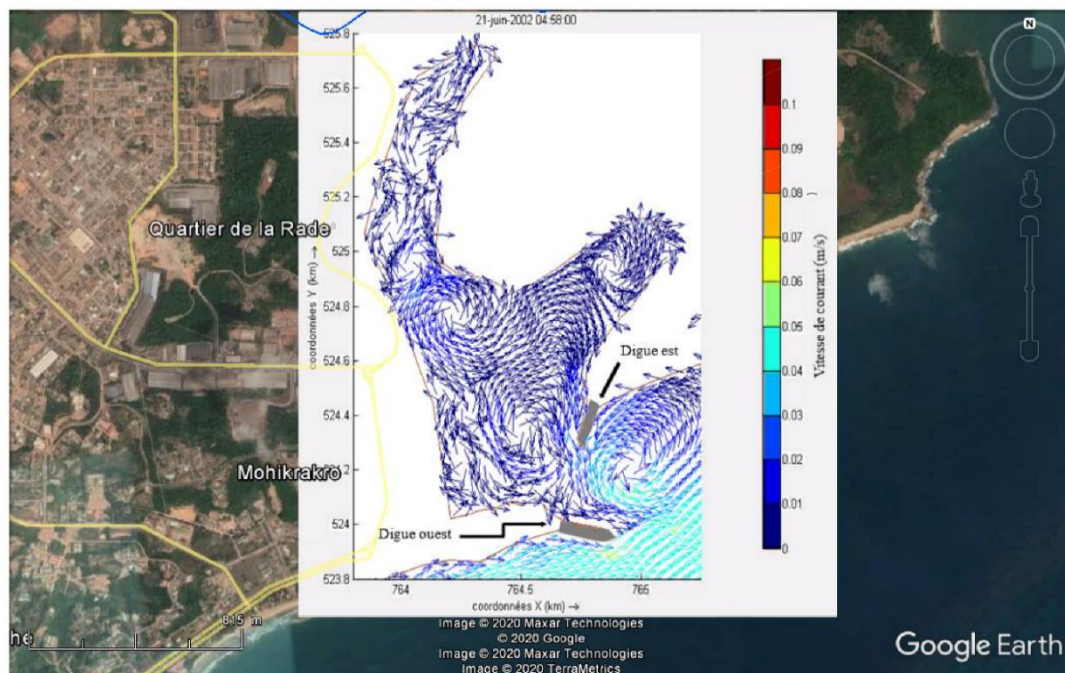


Fig. 17. Intensité des Courants rotatifs en crue environ 3h après la PM

Dans le secteur Mer ouest, a été observé un courant de forme linéaire de direction parallèle à la côte (WSW-ENE et SW-NE) de sens d'ouest en est. Cette direction est quasi-parallèle à celle du vent, il se pourrait que le vent soit un facteur agissant sur le courant, ou même de façon plus probable la force de Coriolis. Il est à noter une énergie plus ou moins décroissante d'ouest en est. En réalité, le courant semble montrer une radiale décroissante des intensités au vue même de la décroissance de la vitesse de circulation du courant en descendant et en montant les latitudes, de part et d'autre du point (762,5 / 521,7) ou de la cellule (762,5-762,7 / 521,5-521,8) située à l'extrême ouest (Figure 18). De façon générale les courants atteignant les côtes sont inférieurs 1cm/s voir proche de 0 cm/s, toutefois aux coordonnées 766,25-766 km et 522,5-523 km, il est constaté des vitesses avoisinant 5cm/s. L'avancé de la côte est vraisemblablement responsable de cette augmentation de la vitesse du

courant à la côte. Cette affirmation se tient pour la digue ouest de la rade, qui voit des vitesses aussi de l'ordre de 5cm/s. A titre de comparaison, la seule différence fondamentale entre les périodes de crue et d'étiages, pour les courants dans ce secteur de Mer ouest est la vitesse plus importante en étiages avec un maximum de vitesse se situant autour de 10 cm/s.

Au secteur Mer centre, la forme du courant observé est linéaire de direction plus ou moins parallèle à la côte (WSW-ENE et SWNE et allant vers l'est. Les vitesses sont communément comprises entre 5 et 7 cm/s, 6cm/s étant une valeur fréquente. Ces courants linéaires contestent la propagation vers l'ouest des courants giratoires à l'ouest de l'exutoire (Figure 19), tout en leur communiquant l'énergie et la direction nécessaire pour accentuer (pousser) leur parcours vers l'est (pousser les courants linéaires et giratoire antihoraire de l'exutoire vers l'est). Il existe une légère déformation du courant en face du port dû à des vitesses d'entrée et de sortie qui contestent quelque peu le transit est-ouest.

Secteur exutoire, Deux formes de courants, linéaires et giratoires, se disputent la zone. Le courant linéaire est dans le prolongement de l'écoulement du fleuve (Figure 20). Les courants giratoires, de part et d'autre du courant linéaire sont de sens horaire pour celui de droite (côté est) et antihoraire pour celui de gauche (côté ouest). Les cellules de sens horaires et antihoraires se communiquent tour-à-tour leur énergie lorsqu'elles entre en contact l'une de l'autre. C'est-à-dire qu'alternativement le courant giratoire de sens horaire semble pousser le courant de sens antihoraire vers l'est et le courant antihoraire lui, « pousse » le courant horaire vers l'ouest. Sur les deux périodes et sur toute la zone en mer, hormis la saison de crue et dans le secteur exutoire, la direction du courant est quasi parallèle à la direction du vent dominant (SW-NE), ce qui laisse à supposer une influence considérable ou du moins non négligeable du vent sur les déplacements de particule d'eau en mer. Dans le secteur exutoire cette influence est aliénée par le débit important du fleuve. Si l'on fait abstraction du phénomène exceptionnel à l'exutoire, en mer les vitesses de courants sont plus fortes en périodes d'étiages qu'en période de crue. Elles vont décroissantes suivant l'éloignement de la côte et sont croissantes suivant le renflement de la côte par rapport à la direction et au sens du courant.

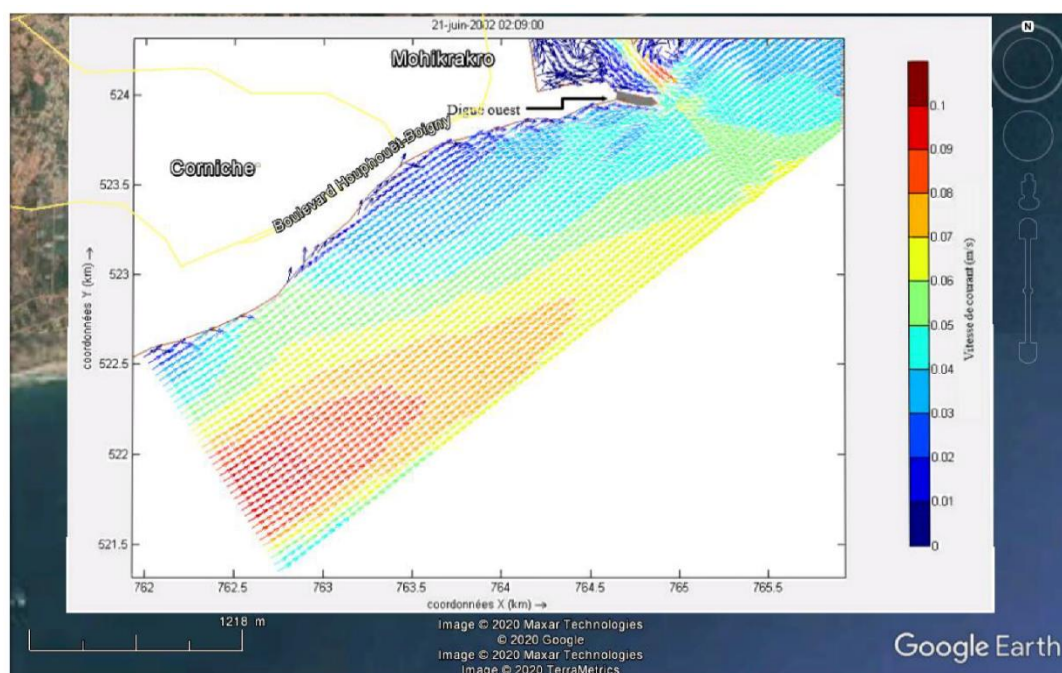


Fig. 18. Sens et vitesses en mer secteur ouest (Pleine Mer (PM)) en crue

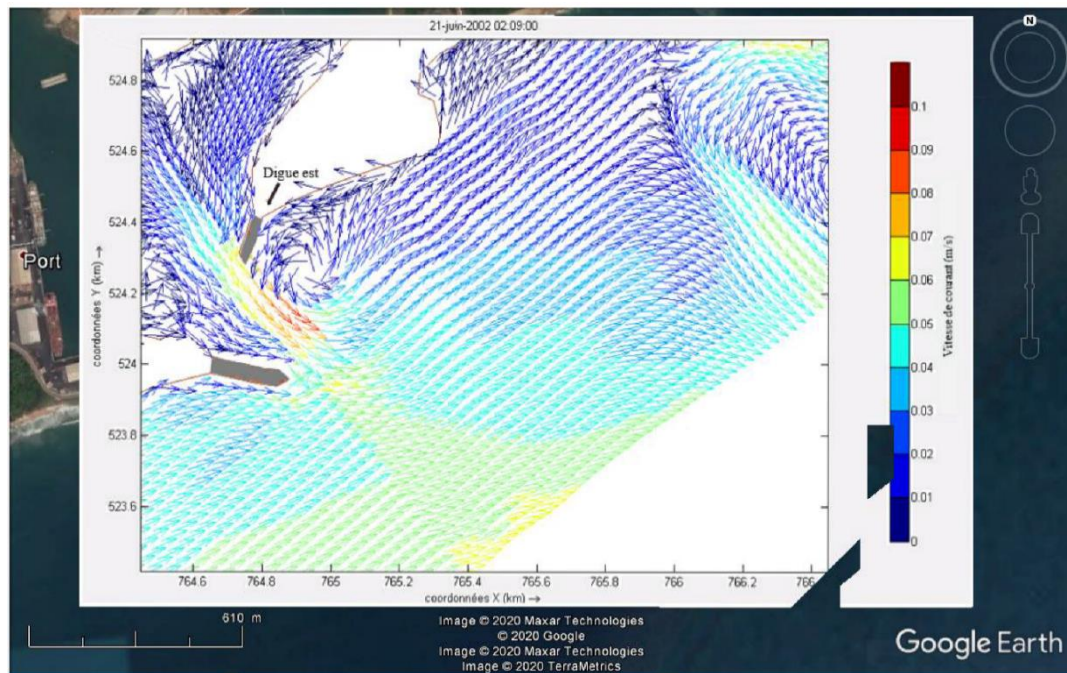


Fig. 19. Sens et vitesse des au secteur mer centre (PM) courants en crue

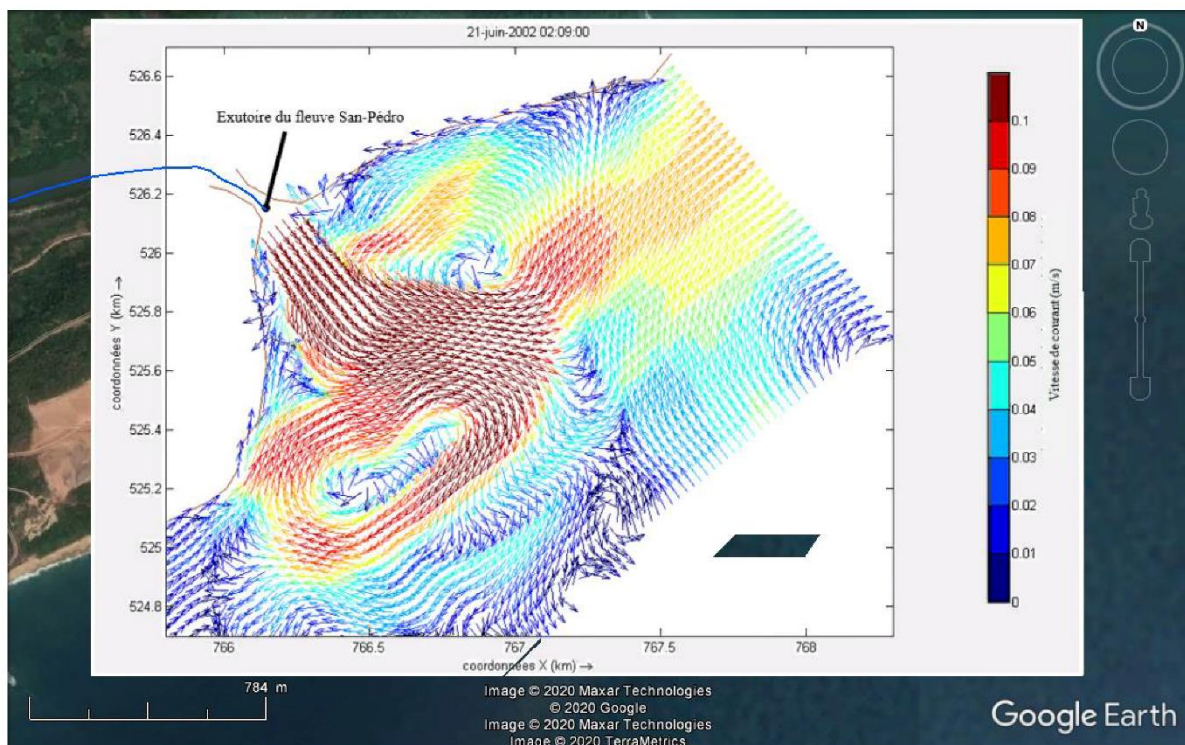


Fig. 20. Forme sens et vitesse des courants dans le secteur exutoire (PM) en crue

3.2 CARACTERISATION DE L'ONDE DE MAREE

La déduction de la nature de l'onde ici est basée sur l'analyse corrélationnelle des variations de niveau d'eau par rapport à la vitesse du courant, soit une action horizontale par rapport à une action verticale de la marée. Puisque les données de vitesses peuvent paraître à première vue disparate par rapport aux données de hauteurs, il a été utilisé et représenté les moyennes mobiles par pas de 60 valeurs, ce qui permet une plus grande aisance dans l'interprétation des données.

En rade, la présence d'ondulation secondaire typique des phénomènes de seiche est bien marquée (Figure 21). L'onde y est totalement stationnaire. En effet les vitesses les plus faibles sont réalisées aux Pleine Mer (PM) et Basse Mer (BM) tandis que les vitesses les plus élevées sont aux mi-perdants et mi-montants. Comme le montre la Figure 26, MG1 a une configuration très similaire au point RADE, réalisant ses plus faibles valeurs aux PM et BM et les valeurs les plus élevées aux mi-perdants et mi-montants. Les ondulations secondaires sont bien marquées.

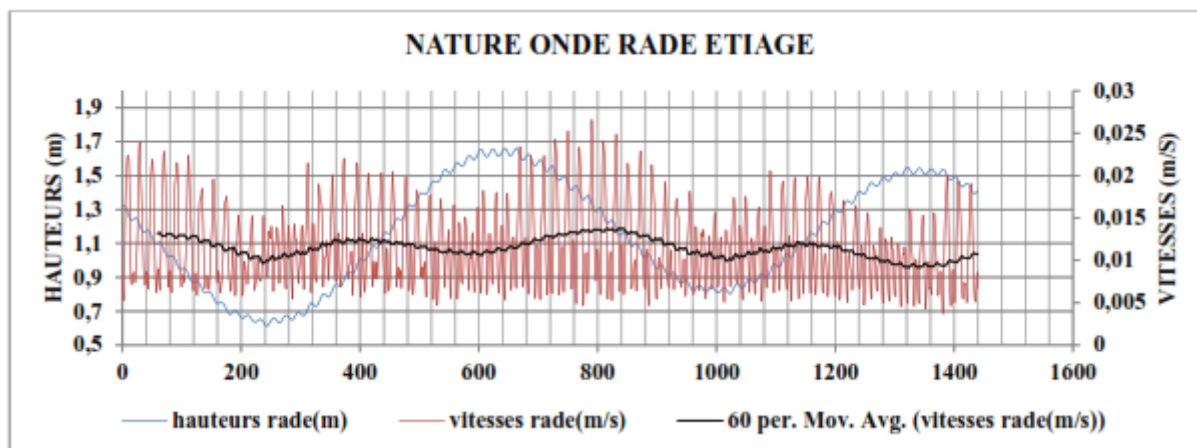


Fig. 21. Hauteur de l'onde et vitesse du courant au point rade en étiage

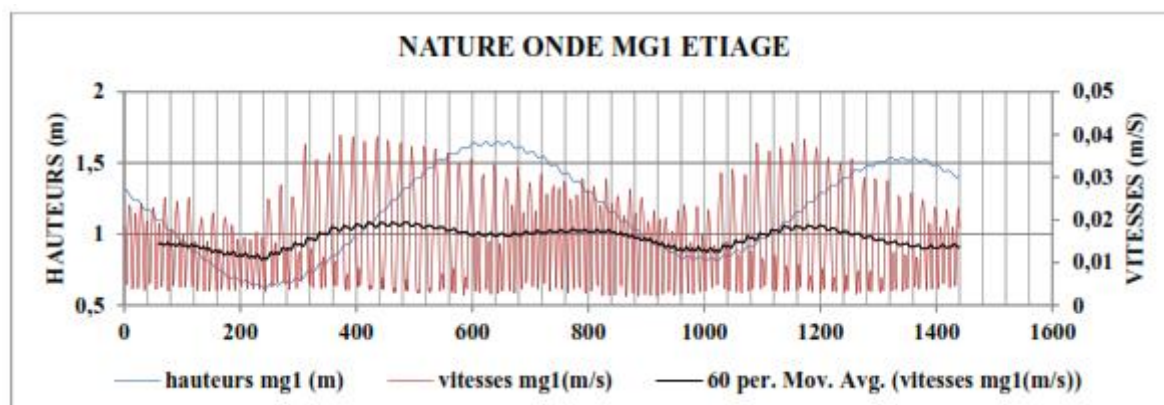


Fig. 22. Hauteur de l'onde et vitesse du courant au point MG1 en étiage

Au PORT FRONT, on note une avance de 240 min du courant sur les hauteurs d'eau, ce déphasage signifie que l'onde accompagne le courant ou que le courant porte l'onde (Figure 23). Ceci s'explique par le fait que l'entrée de l'eau dans le port nécessite une redirection des mouvements de l'eau par rapport à leur direction en mer, ce qui donne au courant d'impulsé les ondes.

La Figure 24 montre un déphasage de 160 min de l'onde par rapport au courant. Cette avance indique que l'onde porte le courant, ou que le courant accompagne l'onde. Le fait que ce point est en Mer et qu'il n'y a vraisemblablement aucun obstacle immédiat au mouvement de l'onde, celui-ci à une certaine aisance à impulser les mouvements des particules. L'onde à tendance à être progressive dans les événements entourant la PM et stationnaires pour ceux entourant la BM. Le fait de ne pas avoir une onde totalement progressive en mer peut être expliqué par la proximité de la côte (1 km environ), qui permettrait une légère opposition au déplacement du courant. Opposition qui aurait tendance à être levé pendant les flots et accentué pendant les jusants.

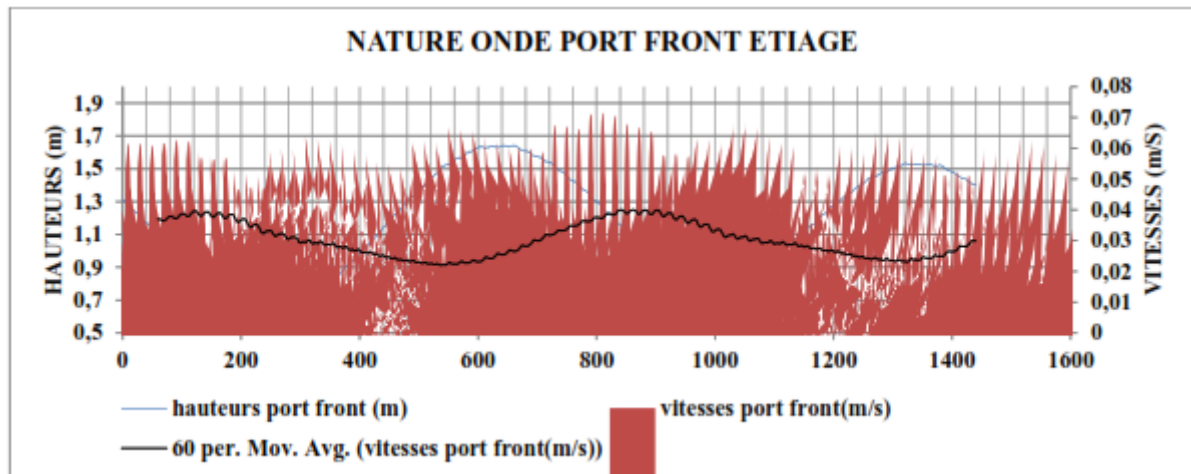


Fig. 23. Hauteur de l'onde et vitesse du courant au point PORT FRONT en étiage

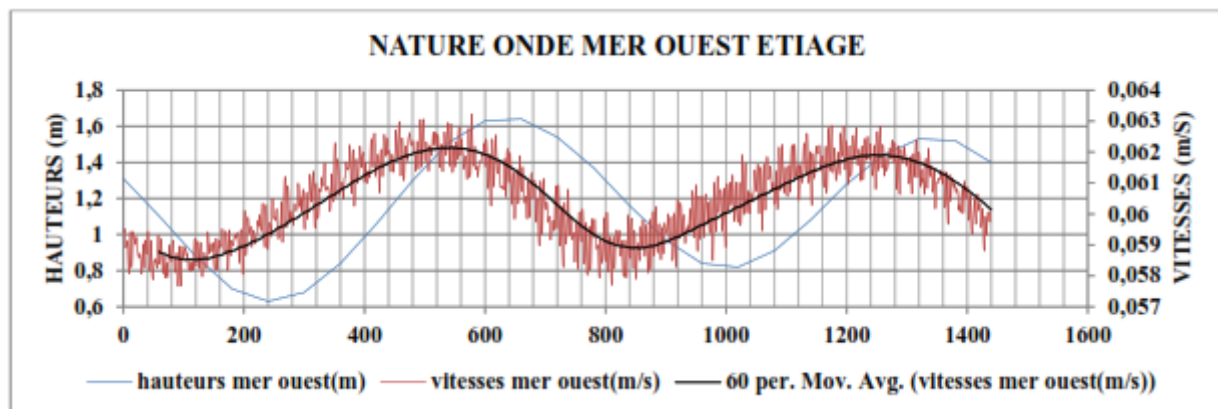


Fig. 24. Hauteur de l'onde et vitesse du courant au point MER OUEST en étiage

L'analyse et l'interprétation de la nature de l'onde en MER FRONT (Figure 25) s'avère complexe. Globalement, les valeurs les plus élevées sont réalisées à proximité des BM, et les moins élevées à proximités des PM. Soit une opposition de phase ou soit une avance de près de 200 min du courant par rapport à l'onde. Dans le cas de l'avance est explicable par le fait de la digue ouest qui crée une accélération du courant, ce qui a pour effet d'affecter la vitesse du courant dans toute la zone d'étude en face de la rade. En effet, il se passe comme une communication ou une alternance entre l'énergie potentielle de la marée et l'énergie cinétique du courant pour la propagation des particules. Tout compte fait vis-à-vis de la MER OUEST, il y a perte de l'influence de l'onde sur le courant. Vue la Figure 26 les deux variables peuvent être considéré comme indépendantes en MER EST. Il semble en effet que pendant que l'onde de marée poursuit son ballet périodique, le courant tire son impulsion de phénomènes un peu plus en amont, soit du côté ouest dans la direction de déplacement du courant, soit du côté nord de l'exutoire. Vue les faibles débits du fleuve, une influence de celui-ci est peu probable même si le mélange des eaux marines et fluviales n'est pas à exclure. A cet effet cette indépendance peut être aussi mise en relation avec la diminution de la vitesse de circulation du courant. L'éloignement de la côte est un facteur à considérer. D'ouest en est, il est à constater une perte progressive de l'influence de l'onde sur le courant suivant la diminution de la vitesse du courant.

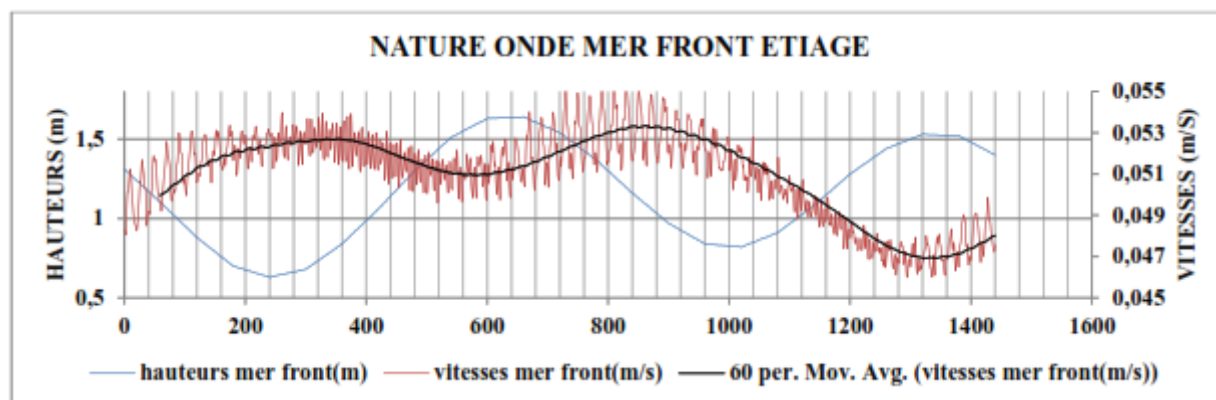


Fig. 25. Hauteur de l'onde et vitesse du courant au point MER FRONT en étiage

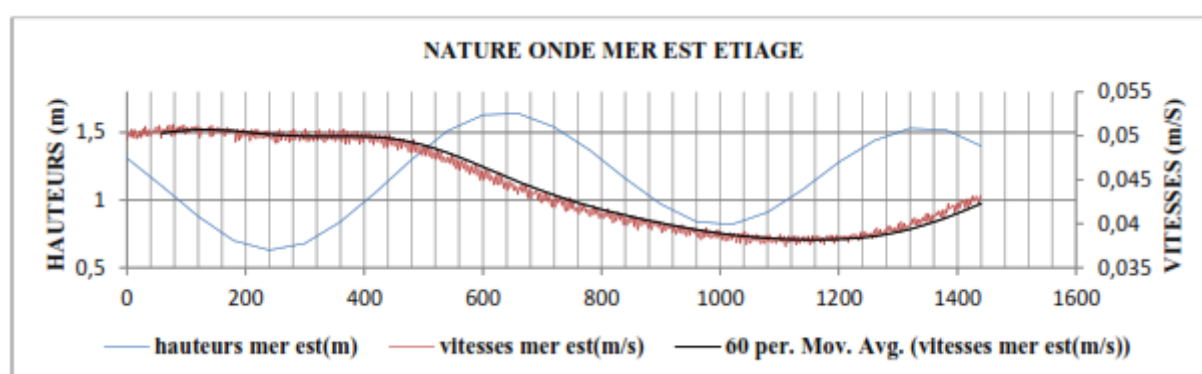


Fig. 26. Hauteur de l'onde et vitesse du courant au point MER EST en étiage

4 DISCUSSION

4.1 EVOLUTION DES CHAMPS DE COURANT

Les fortes perturbations du courant enregistrées du côté de l'exutoire non aucune influence sur le fonctionnement hydrodynamique de la rade et de la mer ouest. L'effet du débit du fleuve s'estompe sous l'effet de la marée, et cela quelques soit la saison. Soit une communication de l'énergie des courants d'abord par l'intermédiaire du courant d'axe linéaire, ensuite en descendant les latitudes une communication direct l'un par rapport à l'autre (Figure 20). Il est à noter une augmentation du diamètre des cellules de chaque courant lorsque l'on descend les latitudes. De façon plus générale, en étiage comme en crue, les vitesses de courant sont plus importantes en mer qu'en rade. Les courants en mer dans la partie ouest et centre sont faibles totalement inférieure à 11 cm/s. Ils sont en revanche autour de 30 à 35 cm/s en face de l'exutoire à cause du fort débit du fleuve. Nous devons spécifier ici qu'il n'a, à aucun moment, été observé les 86,65 cm / s en rade tel que signalé par [12] selon les travaux de [16]. Peut-être la différence de méthode utilisé, c'est-à-dire, l'une empirique par une mesure ponctuelle et l'autre de modélisation par calcul assisté d'ordinateur, permet-elle d'expliquer ce phénomène. En effet, le modèle étant une représentation de la réalité, certains phénomènes naturelles (coup de vent) ou anthropiques (mouvements des bateaux) peuvent ne pas être ou ne sont pas pris en compte. Cependant les résultats de la présente étude sont conformes aux observations de [11], qui sur tout le plateau continental ivoirien situe les vitesses généralement inférieures à 10cm/s toute l'année, avec une exception en juin où les courants peuvent atteindre 30cm/s et sont dirigé vers le sud. Les vitesses maximales de courants en rade sont plus faibles dans cette présente étude avec Delft 3D qu'avec SMS selon [13]. En effet [13] estime les résultats de la vitesse moyenne de champ à 8 cm/s (0,08 m/s) contre 5,5 cm/s en vitesse maximale en étiage. Il serait possible de tenter d'expliquer cette différence par le fait que les deux modèles ont été développé par des logiciels différents, ou encore ne couvrent pas la même période de temps [13], ou encore la différence dans la taille de la zone couverte (le forçage de la marée étant beaucoup plus loin de la rade pour cette présente étude) ou même encore une différence des paramètres d'entrées, qui n'ont tous pas été spécifié dans le mémoire de ce dernier. Toutefois les résultats de [13], sont plus proches de

cette présente étude que celle de [12]. Concernant les formes de courant en rade, [13], n'a observé que des courants linéaires contrairement à cette présente étude qui a pu mettre en évidence des courants linéaires et giratoires. Cela a sans doute été possible par le fait que les résultats ici, ne se sont pas contentés uniquement des périodes de BM et PM mais aussi d'autres périodes intermédiaires, comme le mi-montant ou le mi-perdant, avec un pas de temps plus fin.

4.2 COMPORTEMENT DU COURANT AUX DIGUES

La digue ouest constitue une barrière à l'avancement du courant de guinée, barrière que le courant aura naturellement tendance à contourner. Ce contournement s'accompagne d'une accélération locale du courant et aussi dans tout le secteur perpendiculaire au sens de déplacement du courant en face au port. De plus, comme montré à la Figure 27, par son opposition à la circulation du courant ouest-est, la digue ouest pourrait être source de sédimentation. Vu que cette digue provoque une accélération du courant, il se pourrait bien que les particules fines ne soient pas à mesure de sédimenter, en d'autres termes, que ce ne soit que les particules de taille supérieures ou égales au sable qui soit à mesure de se déposer dans la zone. Ceci pour expliquer que la digue ouest pourrait jouer un double rôle dans les processus morphodynamiques, soit un filtre aux particules qui sédimenteraient dans la zone. Après la digue ouest et la déviation de son axe de circulation, le courant aura tendance à se rabattre sur l'entrée du port, ce rabattement du courant initie un mouvement circulaire, mouvement qui sera entretenu et maintenu permanemment par le flux d'eau à travers l'entrée du port et le resserrement de cette dite entrée par la digue est. Le courant giratoire permanent créée, constitue non pas une source de décantation mais plutôt une source de mobilisation constante des particules, d'autant plus que les périodes de transitions, périodes voyant un affaiblissement du courant et une possibilité de décantation, sont très courtes, deux minutes tout au plus, contre 6 à 10 minutes pour les périodes d'entrée et de sortie. Cette interprétation de l'impact morphodynamique des digues peut être une réponse aux interrogations de [7] concernant l'influence de l'hydrodynamisme sur le recul du rivage coté est de l'entrée du port et du double comportement (à la fois engraissement d'une part et recule d'autre part) côté ouest de l'entrée du port. La prise en compte de ces facteurs de vulnérabilité par les autorités portuaires, pourrait être adéquate dans les travaux d'aménagement annoncé du port afin de réduire les risques de ruptures comme cela a été le cas en 2011, où la digue ouest a cédé sous la pression de « vagues virulentes »

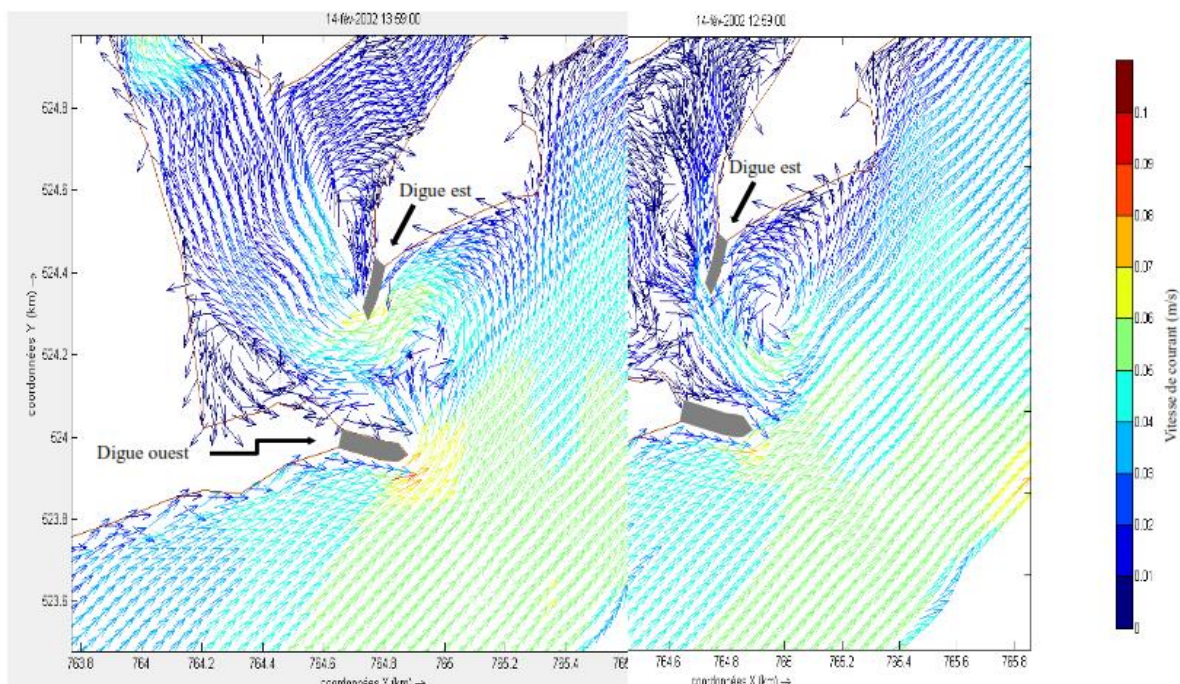


Fig. 27. Forme, sens et vitesse du courant aux digues ouest et est à mi montant (BM+1) et à (BM+2)

4.3 CARACTERISATION DU PHENOMENE DE SEICHE EN RADE

Les périodes d'entrées correspondent aux périodes d'élévation du niveau de l'eau et les périodes de sortie celles de diminution (Figure 28). La BM est une période de sortie d'eau. Cette dernière observation a été signalée par [13] et [17]. En BM il est à remarquer que le temps des entrées est égal à celui des sorties, entre 7 et 9 min, les temps de transitions de 1 à 2

min. Il existe des harmoniques (2 au moins) dont l'amplitude est certes capable de provoquer des inflexions de l'onde mais n'est pas assez suffisante pour provoquer une variation de direction du courant. A mi-montant (BM+3), les temps d'entrées (12 min) sont largement supérieurs à ceux des sorties (4 à 5 min) même si les temps de transitions restent les mêmes 1 à 2 min. Pendant que les mouvements d'entrées correspondent à des augmentations de niveau d'eau, les périodes de sortie correspondent à des instants de stagnation. L'effet de la résonance est perceptible, en ces dernières périodes exerçant une action suffisante pour s'opposer au déplacement à la sortie de l'eau. En période de PM, les temps de sortie et d'entrée s'égalisent (8 min), avec ce même temps de transition de moins de 2 min. la PM correspond à une période de transition d'une période d'entrée à une période de sortie. Cette assertion est un peu plus nuancée que les travaux de [13] et [17]. En effet ceux-ci attribuaient à la pleine mer, une période d'entrée d'eau. Cette différence de résultat est attribuable à un pas de temps plus petit dans la présente étude, soit des résultats plus précis. La PM nous permet de supputer sur certaines caractéristiques de l'onde de seiche, on a ainsi une amplitude de 2,5 à 3 cm et une période de 20 min environ. Le mi-perdant (PM+3) semble être la configuration symétrique du mi-montant, à savoir, les temps de sortie plus important (9 min contre 6 min). Les mouvements de sorties sont des périodes de diminution du niveau d'eau dans la rade tandis que ceux d'entrée sont des périodes de stagnation. La résonance est à mettre en cause dans ce phénomène, même si l'action d'une réflexion de l'onde peut ne pas être négligée. L'onde enregistrée est une juxtaposition de l'onde de marée donnant les amplitudes principales dépendant de la marée, soit l'harmonique principale qui est la marée, et des ondes secondaires d'amplitude millimétrique à centimétrique, soit des harmoniques secondaires dues à la circulation propre de l'eau à l'intérieure de la rade. Vue la période de ces ondes secondaires (comprise entre les ondes de houle de quelques secondes et celle de marré de quelque heures), on peut dire que le port est sous influence du phénomène de Seiche, suivant la définition même des seiches tel que donnée par [3]. Les harmoniques dit secondaires sont au nombre de deux ou trois, dont l'une détermine la direction du courant observé, les autres n'ayant pas l'influence nécessaire pour y parvenir. Le port est certainement sous effet de résonance et aussi sous effet de réflexion de l'onde incidente.

La présente étude n'a pu observer de phénomène de seiche d'importance significative, c'est-à-dire pouvant entraîner des dommages à la navigation comme cela est le cas de Port Tudy dans le Groix. Toutefois une similitude avec l'étude de [6] pour ce port du nord-ouest de la France, est que les seiches les plus dangereuses ont des vitesses similaires à celles du port de San-Pedro, soit 10 nœuds (environ 5,14 m/s ou 18,52km/h) pour une hauteur 57 fois supérieure (1,7 m) et une période de $\frac{3}{4}$ inférieure (5 min). Rappelons qu'il s'agit là d'un phénomène exceptionnel (une fois tous les cinq ans pour les seiches de plus de 1 m), dans un port de l'hémisphère nord avec des conditions météorologiques différentes de ceux du golfe de guinée bien que bordé par le même océan atlantique. En outre, en se basant sur les travaux de Rossouw et al. (2013), les ports sud-africains ont des périodes beaucoup plus courtes que celles du port de San-Pedro comprises entre 25 et 350 secondes soit entre environ 0.5 et 3 min (entre 5 et 40 fois inférieures). Toutefois les hauteurs sont beaucoup plus grandes, entre 2 et 25 cm avec généralement des hauteurs autour de 10cm (le triple de San-Pedro). Une différence entre les études de [6], et Rossouw et al. (2013) et la présente étude est que les deux premières sont des relevés ponctuels, tandis que la présente est une étude par modélisation. Somme toute, même s'il serait possible de tirer des conclusions quant à la convergence de certains paramètres, la prudence dans l'interprétation des résultats serraient de mise car les zones d'études citées (France, Côte d'Ivoire, Afrique du Sud) souffrent d'une certaine hétérogénéité concernant les conditions climatiques, la morphologie des zones d'études, les données brutes prélevées, présentées et traitées et les différentes méthodes de traitement de l'information disponible.

Pendant que le flot et le jusant déterminent le volume d'eau entrant et sortant, les directions du courant en Rade sont fonction de l'onde de seiche, l'onde de seiche ayant une période de 20 min et une amplitude de 2,5 à 3,5 cm. Ces ondes de seiches ne représentent à priori pas de risque pour la navigation et les activités portuaires, néanmoins, dans les facteurs de risques, il ne serait pas à négliger un effet cumulatif de facteurs engendrant les seiches comme les coups de vents, tempêtes, ou même les remonté soudaines d'upwelling, phénomènes non modélisés dans cette étude.

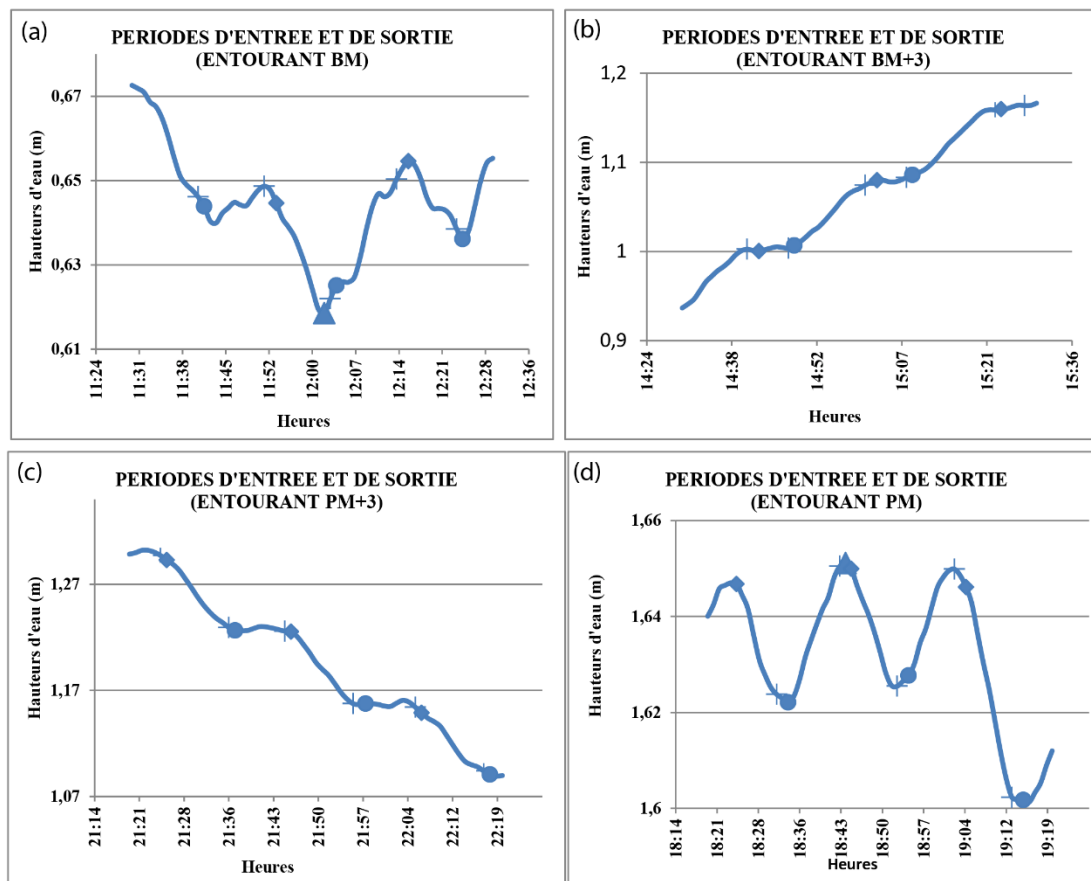


Fig. 28. Périodes d'entrées et de sortie par rapport au niveau de l'eau BM et BM+3, PM et PM+3 en étiage les cercles pleins représentent le début de la période d'entrée de l'eau dans le port, le losange le début de la période de sortie et la croix la période de transition de l'une à l'autre des phases

5 CONCLUSION

Cette étude nous offre une approche hydrodynamique du fonctionnement du Port de San-Pédro et de son environnement maritime immédiat incluant sa plage sous-marine et l'exutoire du fleuve, sur une distance d'environ 7 km de long (est-ouest) et 2 km de large (nord-sud). Les tests de sensibilités ont montré d'excellents résultats, que ce soit en prenant des valeurs par défaut ou en utilisant des données de la littérature. Il ressort de cette étude que le fonctionnement de la rade n'est aucunement influencé par les variations du débit du fleuve, bien que la zone maritime en face de celui-ci le soit. Les débits du fleuve San-Pédro en étiages sont à peine suffisant pour juguler l'entrée d'eau marine à l'exutoire, par contre en crue, ils sont générateurs de courant giratoires temporaires plus ou moins important de sens antihoraire et de rayon décimétrique. Des courants giratoires et alternatifs s'observent en rade, aussi bien permanents que temporaires, que l'on soit en crue ou en étiage. Généralement, 1,5 cm/s correspond à la limite de passage du courant giratoire au courant alternatif lorsqu'il y a augmentation de la vitesse, et pour les endroits où le courant giratoire n'est pas permanent. Les vitesses maximales en rade sont très faibles, de 4 cm/s en crue à 5,5 cm/s en étiages, avec une vitesse moyenne de moins de 1,5 cm/s. Le secteur maritime qui n'est pas sous influence du fleuve, correspond à des courants linéaires décroissant en intensité d'ouest en est, de 4,5 à 11 cm/s en étiage et de 4 à 10 cm/s en crue. En crue le fort débit de 315 m³/s à l'exutoire permet d'avoir les plus fortes vitesses, jusqu'à 35 cm/s en mer est. Les variations de niveau d'eau permettent d'observer un phénomène de retard et de rattrapage de l'onde de marée à l'intérieure de la rade, rattrapage due aux phénomènes de résonance et réflexion de l'onde incidente, provoquant les seiches, de sorte à avoir une évolution globalement synchrone de la marée sur les périodes journalières. La morphologie de la rade, la bathymétrie et les quadratures lunaires ont une influence certaine sur la variation du niveau, agissant chacun respectivement sur le marnage et les amplitudes, et sur l'échelonnement des pleines mers et basses mers aux différents points de la rade, d'où une variabilité saisonnière des extremums. Ces facteurs sont les mêmes que pour la zone marine, avec cette fois des hauteurs moins importantes de 4 à 6 cm par rapport à la rade. L'analyse corrélationnelle des vitesses de courant et de l'onde de marée met en relief des ondes de natures majoritairement stationnaire en rade, avec une tendance au déphasage (opposition de

phase) au fur et à mesure de l'éloignement de l'entrée en direction de la mer, et cela, pour les deux saisons. L'onde a en mer un caractère progressif plus affirmé qu'en rade. En mer, les résultats sont un peu plus contrastés selon les saisons; en étiage, on a l'avance de l'onde par rapport au courant, l'avance du courant par rapport à l'onde, et une évolution totalement indépendante (aplatissement du courant), respectivement pour le secteur ouest, le secteur en face du port, et le secteur est. En crue il y a, dans le même ordre des secteurs, l'opposition de phase, le courant qui accompagne l'onde, et une évolution partiellement en phase. La marée est l'élément prépondérant, elle qui stabilise le système malgré la force importante du fleuve à l'exutoire. Alors que le flot et le jusant déterminent le volume d'eau entrant ou sortant, c'est l'onde de seiche de période de 20 min et d'amplitude de 2,5 à 3,5 cm qui détermine les directions d'entrées et de sortie d'eau de la rade, par suite, les BM sont des périodes de sortie et les PM des périodes de transition entre entrée et sortie d'eau.

REMERCIEMENTS

Les reviewers sont vivement remerciés pour leurs commentaires qui ont permis d'améliorer le document.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont pas d'intérêts financiers concurrents connus ou de relations personnelles qui auraient pu sembler influencer le travail présenté dans cet article.

REFERENCES

- [1] A. F. Blumberg, et G. L. Mellor, «Modelling vertical and horizontal diffusivities with the sigma co-ordinate system.» *Monthly Weather Review* 113 (8): 1379, 1985.
- [2] C. N. Mahan, J. Abe, A. Angora, et S. Bamba, Propagation of tidal waves in the San-Pedro harbor west coast of Cote d'Ivoire, *rev. Ivoir. Sci. Technologies* 13: in 1813-3290 pp 77 – 88, 2009.
- [3] F. Biesel F, et B. Leméhatjté B, Généralités sur les seiches et les ondes de seiches, *Problème de leur origine*, la Houille Blanche, n2, 762 p, 1955.
- [4] G.R. Lesser, J. A. Roelvink, J. A.T. Van Kester, et G.S. Stelling, «Development and validation of a three-dimensional morphological model.» *Coastal Engineering* 51: pp 883–915, 2004.
- [5] G.S. Stelling, and J.A.T Van Kester, «On the approximation of horizontal gradients in sigma co-ordinates for bathymetry with steep bottom slopes.» *International Journal Numerical Methods in Fluids* 18: pp. 915–955, 1994.
- [6] J.B. Fleitour, Etude Relative Au Phénomène De Seiche A Port Tudy (Groix), *Rapport De Stage*, Conseil Général Du Morbihan, 14 p, 2004.
- [7] K.S. Yao, J. Abe, S.B. Bamba, K.E. Konan, K. Aka, Dynamique d'un périmètre littoral portuaire: la côte de San-Pédro, Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Revue Paralia*, Vol. 3, pp 2.1-2.12, 2010.
- [8] M. Molinier et J. Toilliez, hydrologie de la région de San-Pédro (Fleuves San Pedro, Néro et Brimay), centre ORSTOM d'Adiopodoume, pp 20, 22, 1973.
- [9] M. Rossouw, L. Terblanche, et J. Moes, (2013). General Characteristics of Long Waves around the South African Coast. CSIR, Stellenbosch, South Africa, 3 p, 2013.
- [10] N. Yao, Modèle hydrodynamique et transport des sédiments (DELFT3D-flow) dans la lagune Ebrié. Thèse de Doctorat 3è cycle, Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody, 220 p. 2018.
- [11] P TASTET P, L. MARTIN et K. AKA, géologie et environnements sédimentaires de la marge continentale de Côte-d'Ivoire dans *Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire TOME I Le milieu marin* 36 p, pp 358-359, 1993.
- [12] R. Samassy, A. Akobe, Y. Fossi, S. Monde, A. Angora, et S. Sangare S. Caractéristique Et Vitesse De Propagation D'une Onde De Marée Semi-Diurne A Inégalité Diurne Au Port Autonome D'Abidjan: Incidence De La Morphologie Du Système Lagunaire Ebrié, *European Scientific Journal* Vol.14, No.26 p, 2018.
- [13] S. Kone, Fonctionnement hydrodynamique du port de San-Pedro (littoral sud-ouest de la côte d'ivoire), Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody, 32 p. 2014.
- [14] S. Monde, Étude et modélisation hydrodynamique de la circulation des masses d'eau.
- [15] dans la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat d'État, Univ Abidjan, 324 p, 2002.
- [16] S. Monde, Nouvelles approches de la cartographie du plateau continental de Côte d'Ivoire. Aspects morphologiques et sédimentologiques. Thèse Doctorat 3 cycle, Université d'Abidjan, 175 p, 1997.

- [17] T.E. Wango, Modélisation de l'hydrodynamique, de la dispersion du sel et de l'eau douce dans le complexe lagunaire de Côte d'Ivoire (Grand-Lahou, Ebrié et Aby). Thèse de Doctorat 3^e cycle, Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody, n0179, 187 p, 2009.
- [18] T.E. Wango, Y.M. N'guessan, K.S. Yao, Fonctionnement Hydrodynamique De La Rade Du Port De San Pedro (Côte Sud-Ouest De La Côte D'ivoire) Bioterre, Rev. Inter. Sci. de la Terre, Vol. 17, 2017, p 77. 2017.
- [19] W. Rodi, «Turbulence models and their application in Hydraulics, State-of-the-art paper article sur l'état de connaissance.» IAHR Paper presented by the IAHR-Section on Fundamentals of Division II: Experimental and Mathematical Fluid Dynamics, The Netherlands, 1984.

Effect of Plant Population on Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) Growth Characters, Grain and Fodder Yield in Soudanian and Soudano-Sahelian Zones of Burkina Faso

Soumabéré Coulibaly^{1,2,3}, Muhammad Auwal Hussaini², Benoît-Joseph Batiéno¹, Shehu Usman Yahaya², and Idriss Sermé¹

¹Département Productions Végétales, Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), CREAM de Kamboinsé, 01 B P476, Ouagadougou, Burkina Faso

²Department of Agronomy, Bayero University, Kano 70001, Kano, Nigeria

³Centre for Dryland Agriculture (CDA), Bayero University Kano, 70001, Kano, Nigeria

Copyright © 2024 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: Cowpea varieties respond differently to plant population per hectare due to their intrinsic morphological differences and the influence of the weather and soil condition in growing environment. The objective of this study was to investigate the effect of plant population on growth and yield characters of erected and semi-erected cowpea varieties in two agroecological zones of Burkina Faso. A split-plot experiment with three replications conducted in two consecutive rainy seasons, 2019 and 2020, at Kamboinsé and Farako-Ba research stations was used to determine the effect of three plant population, 62,500 (control), 95,258 and 111,111 on four improved cowpea varieties, KVx745-11P, Komcalle, Tiligre, Neerwaya. The results showed a significant variation of fodder and grain yield in both locations. At Farako-Ba the combined years data recorded the values of 3740.50, 5240.94 and 5164.02 kilogram per hectare for fodder yield and 1124.14, 1242.93 and 1372.93 kilogram per hectare for grain yield at the plant population of 62,500, 95,238 and 111,111, respectively. The same trend was observed in Kamboinsé with slightly higher average means of fodder and grain yield which were 4300.75, 6446.06, 6699.06 kilogram per hectare and 1285.82, 1481.06 and 1650.03 kilogram per hectare, respectively. From the study it is also noticed that grain and fodder yield were impacted by genotypes and environment. The positive relationship between plant population, fodder and grain yield suggest that improved cowpea varieties yield can be substantially increased with the plant population of 111,111 per hectare.

KEYWORDS: Cowpea Varieties, Plant per Hectare, Yield, Agroecological Zones, Burkina Faso.

1 INTRODUCTION

Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) is the second important grain legume in Africa and the most widely planted native legume crop in Sub-Saharan region [1]. It is a major source of dietary protein that staple crops, cereals and tuber cannot provide [2]. The consumption of cowpea supplies most of macro and micronutrients of the diet. Cowpea is also recognized as one of richest foods in nutraceuticals compounds. Due to its nutrients and functional benefits, cowpea is gaining industrial importance for being used as a potential ingredient in food formulations [3], [4]. Beyond cowpea consumption by humans, it is an excellent fodder for livestock. According to [5] in semi-arid regions of tropics, cowpea fodder with its high nutritional quality is an important component which increase productivity and profitability of mixed crop-livestock system. As well as it is known for its qualities in humans and animals feeding, in Sub Saharan Africa (SSA), cowpea occupy a prominent place in the legume trade. According to [2], it is a cash generating commodity for small and medium size entrepreneurs' farmers. Trade of fresh cowpea leaves, grains and processed food provides both rural and urban communities, opportunities for earning some money [6]. In the past 30 years, an increasing trend was observed in cowpea production and utilization in SSA. However, under conditions of subsistence agriculture, the average cowpea yield in farmer's fields range from 100-300 kg ha⁻¹ although the ecological conditions are suitable for the growth and development of the crop [1]. Cowpea production is faced to major constraints and challenges that can be classified into three types: socio-economic, biotic and abiotic constraints. In previous years, to reverse the trend of low yields, in Burkina Faso, plant breeders have released resistant varieties to parasitic weeds, bacterial and fungal diseases and most of these varieties are erect and semi-erect type with early and medium maturity cycle. The recommended

plant population corresponding to 62,500 plant ha⁻¹ (80 x 40 cm with 2 plants per stand) used in cowpea production may not be appropriate for new release cowpea varieties. According to [7], among the agronomic practices that have direct relationship with cowpea grain production, plant population is one of the most important, especially influencing morpho-physiology, production components and productivity. [8], stated that adjusting of population is an important tool to optimize crop growth and the time required for canopy closure, and to achieve maximum biomass and grain yield. [9], reported that increasing plant population reduced yield of individual plants but increased yield per unit area.

In this context, investigate to determine the effect of plant population in improved cowpea varieties which are gaining importance in term of planting area, will surely help cowpea growers to increase grain and fodder yield.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 EXPERIMENTAL SITES

The experiments were carried out in rainy season 2019 and 2020 at Farako-Ba and Kamboinse Research Station which belong to Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA). Farako-Ba (11°5'N, 4°18'W; altitude 439 m) is located in Soudanian Agroecological zone (AEZ) while Kamboinse (12° .46'N, 1° .54'W; Altitude: 293 m) is located in soudano-sahelian AEZ.

2.2 TREATMENTS AND EXPERIMENTAL DESIGN

The experiments were conducted in split plot design with three replications. Four cowpea varieties were subjected to the effect of three plant population. The cowpea varieties used as plants material possess farmers desired traits and have been realised by cowpea breeding program of INERA. Their maturity cycle varies from 60 to 70 days. Komcalle (KVx442-3-25) is an erected variety, Neerwaya (KVx780-6) and Tiligre (KVx775-33-2G) are semi-erected. The variety KVx745-11P is a dual-purpose one, its stay green at maturity stage. The plant population used were 62,500 (80 x 40 cm), 92,238 (70 x 30 cm) and 111,111 (60 x 30 cm); 62,500 plants/ha is used as control, it is the recommended plant population for cowpea production in Burkina Faso.

Two factors constituted with cowpea varieties (four) and plant population (three) were randomised in plots. Cowpea variety is maintained as whole plot treatment and plant population is considered as sub plot treatment. The area of each whole plot was 30 m² whereas the area of each sub plot was equal to 9.6 m² 8.4 m² and 7.2 m² for the respective plant population of 62,500, 92,238 and 111,111 per hectare. The sub plots were separated by 1 m length, a distance of 1.5 m is left between whole plots and replications. The total area of the experiment plot per location was 555.9 m².

2.3 CULTURAL PRACTICES

Chemical NPK (14-23-14) fertilizer at a rate of 100 kg/ha combined with poultry manure at 1,5 t/ha were used in experiments of both sites at 2019 and 2020 rainy season. The land was cleared, ploughed and poultry manure was incorporated before harrowing and levelling. Before sowing, seeds were treated with *Chlorpyrifos-ethyl* and *thiram (Calsio)* at a rate of 20 g per kg of seeds. These chemicals have advantage of having insecticidal and fungicidal properties. Weed control was done manually two times, at 3 and 6 weeks after sowing. Insecticides were sprayed at flowering and pod-filling stage corresponding to 5 and 7 WAS respectively, to control pests, insects and diseases. For this purpose, *Deltamethrin* was used at the dose of 1litre per hectare.

2.4 DATA COLLECTION

Growth data were collected on six randomly selected and tagged plants from net plots. The average number of leaves, leaves chlorophyll content and plants dry weight were calculated from measurements taken on tagged at 6 WAS. Crop growth rate (CGR) is the increase in plant dry weight per unit time. Dry weight of sampled plants at 3 and 6 WAS were used for its calculation according to the formula suggested by [10]. Plants height were measured from the ground base to the top of the main branch and the average was recorded; measurements were taken at 9 WAS using a graduated meter stick. The total number of branches borne on the main stem of the tagged plants was counted and their mean computed as a number of branches per plant, these measurements were done at 9 WAS.

Data on reproductive traits, fodder and grain yield components were collected on each net plot. Day to 50% flowering and day 95% maturity were estimated by considering plants of each net plot. The average Pods length were obtained from 10 randomly selected mature pods collected on tagged plants. The average number of seeds per pods was determined by threshing manually the ten pods used previously and the mean was recorded as average number of seeds per pod. From threshed seeds, 100 seeds were picked and weighed and the values were recorded as 100 seeds weight. Shelling percentage was obtained by dividing the shelled grain weight of the net plot over the unshelled weight multiply by 100. Harvest index was calculated by weighing the total grains obtained per net plot and divided by the total biological yield and multiplied by 100. Fodder yield and grain yield of each net plot were assessed and converted to yield per hectare.

2.5 LABORATORY ANALYSIS OF SOIL

Poultry manure was incorporated in top soil before sowing. Prior and after sowing, soil samples were collected from experimental plots at 0-30 cm depth using an auger, in a W-shape in order to have a representative and composite sample. Then, samples physico-chemical properties were determined by using standard procedures. Poultry manure elemental composition was also determined.

2.6 STATISTICAL ANALYSIS

Data on cowpea growth and yields characters were subjected to analysis of variance (ANOVA) by using JMP Pro 2017 statistical package. Student Newman-Keuls (SNK) test was used to sort out significant difference among treatments ($P \leq 0.05$). Cowpea variety x plant population interaction effect on fodder and grain yield in both locations was done by using combined year data of each location.

3 RESULTS AND DISCUSSIONS

3.1 RESULTS

3.1.1 EDAPHIC AND CLIMATIC CONDITIONS OF THE EXPERIMENTAL SITES

The initial soil physical and chemical properties of the experimental sites and poultry manure used as background manure presented in Table 1, were determined using standard procedure. The soil texture at Farako-Ba site was sandy-loam, with pH = 5.70, the available phosphorus was 3.06 mg/kg, the percent of Organic Carbon and Total Nitrogen was 0.34 and 0.067 respectively. The Cation Exchange Capacity (CEC) value was 2.23. Soil of Kamboinse was loamy textured, its pH=5.60 and the available phosphorus content was 2.15 mg/kg. The Organic Carbon content was 0.41% and 0.067 % for Total N content. The CEC value was 2.77 cmol⁺/Kg. The pH of poultry manure was acidic (5.61) with a richest in Organic C (13.27%), Total N (0.66%), Available P (4.75) and CEC (3.11 cmol⁺/kg) when compared to soils composition of Farako-Ba and Kamboinse.

Table 1. Physical and Chemical Property of Soils at Farako-Ba and Kamboinse and Poultry Manure chemical

Soil Physical Properties	Farako-Ba	Kamboinse	Chemical Properties	Farako-Ba	Kamboinse	Poultry Manure
Sand	63.37	46.75	pH	6.59	6.13	5.61
Silt	21.18	40.54	Organic C (%)	0.50	0.64	13.27
Clay	15.45	12.71	Total N (%)	0.047	0.051	0.66
Texture Class	Sandy-Loam	Loamy	Available P (mg/Kg)	4.89	3.45	4.75
			Ex.cations (cmol ⁺ /Kg)			
			K	0.15	0.13	1.13
			Na	0.10	0.06	0.12
			Ca	1.40	1.55	2.05
			Mg	0.43	0.60	0.81
			EA (cmol ⁺ /Kg)	0.02	0.09	0.16
			CEC (cmol ⁺ /Kg)	2.09	2.43	3.11

Source: Soil Lab, Centre for Dryland Agriculture, Bayero University, Kano

The weather data during the experimentation period (July-October), collected from the National Meteorology Agency (ANAM), indicated variations in rainfall, minimum and maximum temperatures at Farako-Ba and Kamboinse. At Farako-Ba, the average variation of temperatures was 22.03 to 31.16°C and 21.86 to 30.96°C for 2019 and 2020, respectively. The total rainfall amount recorded was 1037.50 and 818.70 mm for 2019 and 2020, respectively. For Kamboinse site, average temperatures varied from 23.73 to 33.04°C and from 23.46 to 32.96 °C for 2019 and 2020, respectively. The total rainfall recorded was 800.90 and 812.70 mm for 2019 and 2020, respectively.

3.1.2 GROWTH AND YIELD COMPONENTS RESULTS

The plants growth characters such average leaves number, leaves chlorophyll content and plants dry weight did not reveal significant variation according to cropping season and plant population per hectare (Table 2). But, cowpea variety showed significant differences for these characters.

Table 2. Cropping Year, Plants/ha and Varietal Effect on Number of Leaves, Leaves Chlorophyll Content and Plants Dry Weight at Farako-Ba and Kamboinse

	Leaves number 6WAS		Leaves chlorophyll 6WAS		Plants dry weight (g) 6WAS	
Cropping Season	Farako-Ba	Kamboinse	Farako-Ba	Kamboinse	Farako-Ba	Kamboinse
2019	30.68	39.64	53.42	54.90	31.87	34.58
2020	32.27	37.72	54.03	53.49	32.25	35.96
SE±	0.827	0.965	0.628	0.624	1.994	1.655
Prob.	0.1865	0.1592	0.4954	0.1251	0.8979	0.5654
Plants/ha						
62,500	32.30	40.56	53.58	54.59	31.32	34.49
95,238	32.03	37.79	53.59	54.45	32.27	37.06
111,111	30.09	37.69	53.99	53.54	32.59	34.26
SE±	1.013	1.182	0.770	0.764	2.442	2.026
Prob.	0.2630	0.1507	0.9103	0.5939	0.9353	0.5695
Varieties						
KVx745-11P	30.79ab	37.94b	52.94	54.69a	31.09	34.96b
Komcalle	28.18b	31.72c	53.57	51.64b	28.78	26.32c
Neerwaya	33.49a	43.47a	54.12	55.51a	31.15	43.61a
Tiligre	33.45a	41.58ab	54.26	54.93a	37.21	36.20b
SE±	1.170	1.365	0.889	0.883	2.819	2.340
Prob.	0.0069	<.0001	0.7034	0.0189	0.2240	<.0001

Means followed by the same letter (s) within a treatment group are not significantly different at 5% level of probability using Student Newman Keuls (SNK) test

The results presented in Table 3 showed that crop growth rate (CGR), the average plants height and average number of branches were also statistically similar according to cropping season and plant population per hectare. However, their differences are pronounced at variety scale.

Table 3. Cropping Year, Plants/ha and Varietal Effect on Crop Growth Rate, Plants Height and Branches Number at Farako-Ba and Kamboinse

	Crop Growth Rate (3-6WAS)		Plant height (cm) 9WAS		Branches number 9WAS	
Cropping Season	Farako-Ba	Kamboinse	Farako-Ba	Kamboinse	Farako-Ba	Kamboinse
2019	9.60	10.71	51.81	53.19	4.31	4.19
2020	9.80	10.18	52.45	56.30	4.10	4.09
SE±	0.615	0.514	1.573	1.613	0.100	0.068
Prob.	0.8142	0.4721	0.7361	0.1577	0.1556	0.3662
Plants/ha						
62,500	9.33	9.96	53.15	53.73	4.46a	4.25
95,238	10.03	10.75	52.38	56.55	4.16ab	4.13
111,111	9.74	10.63	50.88	53.95	3.99b	4.05
SE±	0.753	0.629	1.927	1.975	0.122	0.083
Prob.	0.8030	0.6438	0.6086	0.5022	0.0306	0.2723
Varieties						
KVx745-11P	9.68	10.39a	54.22b	48.27	3.75b	3.64b
Komcalle	8.87	8.02b	16.82c	16.79	4.25a	4.17a
Neerwaya	9.64	12.14a	67.80a	77.48	4.56a	4.42a
Tiligre	10.62	11.25a	69.69a	76.43	4.25a	4.33a
SE±	0.870	0.726	2.225	2.281	0.141	0.96
Prob.	0.5677	0.0019	<.0001	<.0001	0.0023	<.0001

Means followed by the same letter (s) within a treatment group are not significantly different at 5% level of probability using Student Newman Keuls (SNK) test

The results presented in Table 4 showed significant variation of 50% flowering and 95% maturity as the cropping season and variety. The effect on plant population on these characters was not significant. The average pods length was statistically similar across growing season and plant population. However, significant variations of pods length were observed between cowpea.

Table 4. Cropping Year, Plants/ha and Varietal Effect on 50% Flowering, 95% Maturity and Pods length (cm) at Farako-Ba and Kamboinse

	50% Flowering		95% Maturity		Pods length (cm)	
Cropping Season	Farako-Ba	Kamboinse	Farako-Ba	Kamboinse	Farako-Ba	Kamboinse
2019	39.36a	39.11a	65.43a	64.74a	15.98	16.04
2020	38.64b	37.97b	63.31b	62.50b	16.30	16.43
SE±	0.140	0.128	0.287	0.194	0.195	0.187
Prob.	0.0004	<.0001	<.0001	<.0001	0.2403	0.1159
Plants/ha						
62,500	39.21	38.54	64.32	63.88	16.07	16.35
95,238	38.75	38.71	64.29	63.55	15.86	15.94
111,111	39.04	38.38	64.50	63.43	16.48	16.41
SE±	0.171	0.157	0.352	0.237	0.238	0.231
Prob.	0.1494	0.3188	0.8643	0.3501	0.1695	0.2547
Varieties						
KVx745-11P	39.11a	38.67a	66.15a	66.50a	14.26b	14.96b
Komcalle	37.78b	37.39b	61.17c	60.52d	14.13b	14.76b
Neerwaya	39.50b	39.06a	64.44b	63.17c	17.85a	17.43a
Tiligre	39.61b	39.06a	65.72a	64.29b	18.32a	17.79a
SE±	0.198	0.181	0.406	0.274	0.275	0.267
Prob.	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001

Means followed by the same letter (s) within a treatment group are not significantly different at 5% level of probability using Student Newman Keuls (SNK) test

Shelling percentage and 100 seeds weight (Table 5) significantly vary according to cropping season and variety. The effect of plant population was not significant on these characters.

The harvest index values were statistically the same for the two consecutive cropping years and for locations. Plant population and varieties had significant influence on harvest index (HI). However, the HI values were statistically same for the two consecutive years and for locations. Plant population and varieties had significant effect on HI. The results indicated that high plant population decreased HI, the dual-purpose variety KVx745-11P recorded the lowest HI due to the favouring high expression of fodder trait at the disadvantage of grain yield. In opposite, the erect variety Komcalle with small spray recorded the highest HI. Tiligre and Neerwaya which are similar regarding to their growth habit, scored statistically similar values of HI.

Table 5. Cropping Year, Plants/ha and Varietal Effect on Shelling percentage, 100 Seeds weight and Harvest Index at Farako-Ba and Kamboinse

Cropping Season	Shelling percentage (%)		100 Seeds weight (g)		Harvest Index (%)	
	Farako-Ba	Kamboinse	Farako-Ba	Kamboinse	Farako-Ba	Kamboinse
2019	69.64a	76.66a	14.59	18.17a	0.19	0.18
2020	65.84b	74.98b	15.95	16.24b	0.19	0.19
SE±	0.658	0.470	0.190	0.194	0.004	0.004
Prob.	0.0002	0.0061	<.0001	<.0001	0.2686	0.4809
Plants/ha						
62,500	68.56	76.35	15.40	17.26	0.20a	0.20a
95,238	67.22	75.47	15.20	16.90	0.18b	0.18b
111,111	67.46	75.64	15.21	17.46	0.20a	0.18b
SE±	0.806	0.576	0.232	0.237	0.005	0.005
Prob.	0.4647	0.4368	0.7745	0.1623	0.0010	0.0028
Varieties						
KVx745-11P	68.18	76.08b	10.77c	11.50c	0.17c	0.15c
Komcalle	69.28	78.65a	15.36b	16.76b	0.21a	0.21a
Neerwaya	66.98	73.78c	17.52a	20.10a	0.20ab	0.19b
Tiligre	66.54	74.77bc	17.44a	20.46a	0.19b	0.20ab
SE±	0.931	0.665	0.268	0.274	0.005	0.006
Prob.	0.1689	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001

Means followed by the same letter (s) within a treatment group are not significantly different at 5% level of probability using Student Newman Keuls (SNK) test

The influence of cropping season on fodder yield was not significant at Farako-Ba and Kamboinse (Table 6). However, a positive relationship was found between increasing of plants density and fodder yield. The results showed that fodder yield depend also on variety type. KVx745-11P, Neerwaya and Tiligre recorded statistically similar fodder yield in both locations and the variety Komcalle which is erected and early maturing recorded the lowest fodder yield. There was no significant difference of fodder yield if compare 95,238 and 111,111 plants/ha. The average fodder yield recorded at Farako-Ba was lower than the average recorded at Kamboinse regarding the effect of plant population and cowpea variety.

The average grain yield was lower at Farako-Ba than Kamboinse for 2019 and 2020 experiments (Table 6). In both locations, it is an increasing trend of grain yield with plant population per hectare. The means separation through SNK test showed that the three plant population give statistically different grain yield. The fact that grain is positively correlated to plant population suggest that the optimum plant population was not achieved in this study.

Table 6. Cropping Year, Plants/ha and Varietal Effect on Fodder and Grain Yield at Farako-Ba and Kamboinse

	Fodder Yield (kg/ha)		Grains Yield (kg/ha)	
Cropping Season	Farako-Ba	Kamboinse	Farako-Ba	Kamboinse
2019	4509.56	5657.05	1238.62	1439.72b
2020	4920.74	5973.53	1254.71	1504.89a
SE±	178.739	173.915	10.762	12.460
Prob.	0.1031	0.2026	0.2509	0.0003
Plants/ha				
62,500	3740.50b	4300.75b	1124.14c	1285.82c
95,238	5240.94a	6446.06a	1242.93b	1481.06b
111,111	5164.01a	6699.06a	1372.93a	1650.03a
SE±	218.909	213.001	13.181	15.661
Prob.	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
Varieties				
KVx745-11P	4868.75a	6036.60a	1027.14c	1108.54c
Komcalle	4054.68b	4702.41b	1293.14b	1545.30b
Neerwaya	4909.20a	6521.77a	1339.75a	1644.37a
Tiligre	5027.98a	6000.38a	1326.64ab	1591.00b
SE±	252.775	245.952	15.220	17.622
Prob.	0.0301	<.0001	<.0001	<.0001

Means followed by the same letter (s) within a treatment group are not significantly different at 5% level of probability using Student Newman Keuls (SNK) test

The figure 1 below show the plant population x variety interaction effect on grain yield at Farako-Ba and Kamboinse. The relationship is positive for cowpea variety Komcalle, Neerwaya and Tiligre. However, it is noticed that the dual-purpose variety show statistically similar with slight decreasing trend if plant population increase.

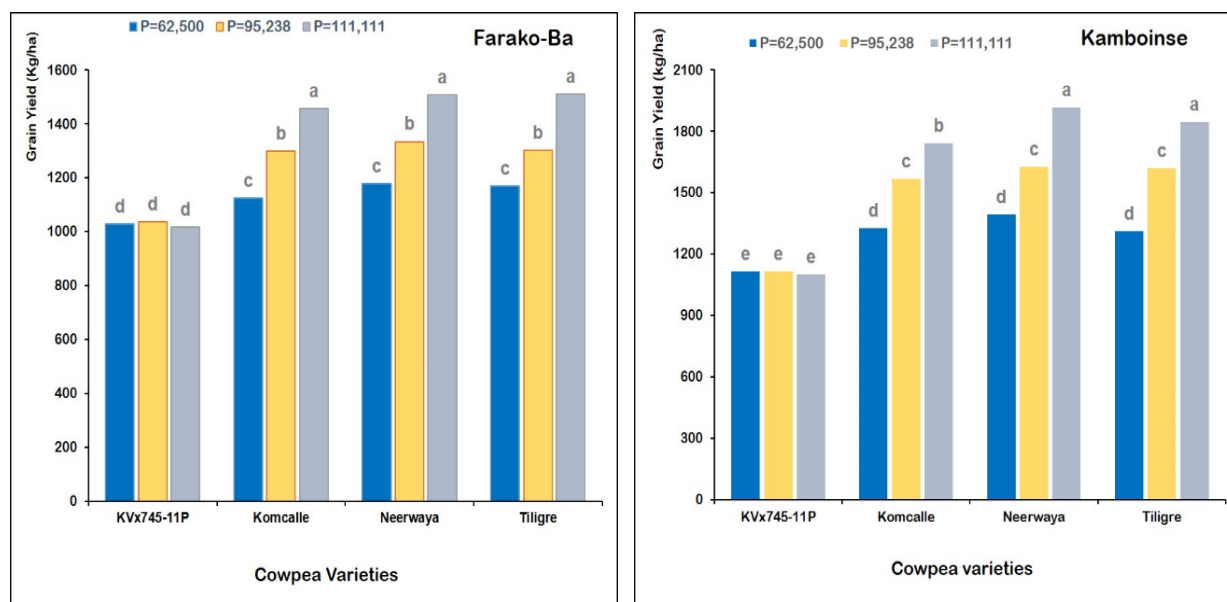


Fig. 1. Plant Population x Variety Interaction Effect on Grain Yield at Farako-Ba and Kamboinse

The results of plant population x variety interaction on fodder and grain yield are presented in Table 7. These results were obtained by using combined years' data for Farako-Ba and Kamboinse site. A positive relationship was observed between fodder yield and plant population per hectare. It is also observed that the cowpea varieties were inherently different in term of grain and fodder yield.

Table 7. Cowpea Varieties x Plants/ha Interaction Effect on Fodder Yield (Kg/ha) and Grain Yield at Farako-Ba and Kamboinse Using Combined Year data

Cowpea Varieties		Fodder Yield (kg/ha)		Grain Yield (kg/ha)	
	Plants/ha	Farako-Ba	Kamboinse	Farako-Ba	Kamboinse
KVx745-11P	62,500	3748.85lm	4667.30j-l	765.77t	1060.89r
	95,238	5274.70g-j	6787.21a-c	966.82s	1173.87pq
	111,111	5684.26d-i	6553.72a-d	1132.47qr	1307.20l-o
Komcalle	62,500	2652.40n	3615.49m	1144.10p-r	1385.33j-l
	95,238	4156.09k-m	5757.56d-h	1307.37m-o	1536.10d-g
	111,111	4676.94j-k	5412.78e-j	1467.74g-k	1674.69bc
Neerwaya	62,500	3780.74m	5161.04g-j	1237.45n-p	1437.66h-k
	95,238	5679.97d-i	6907.57ab	1394.64i-m	1594.51c-f
	111,111	6035.55c-f	6728.05a-c	1505.65e-h	1782.47a
Tiligre	62,500	3700.23m	4838.93i-k	1221.32o-q	1387.30k-m
	95,238	6062.97c-g	6121.95b-e	1327.88l-n	1594.77c-e
	111,111	5129.13h-j	7231.86a	1488.79f-j	1732.83ab
SE±		323.31		35.21	

Means followed by the same letter (s) within a treatment group are not significantly different at 5% level of probability using Student Newman Keuls (SNK) test

3.2 DISCUSSION

The experimental sites have different weather patterns which could have significant influence on cowpea phenology. According to [11], [12] cowpea varieties growth and yield characters are strongly correlated to soil and climatic conditions. [13] observed that abundance of rainfall has negative effect on cowpea yield while a positive relationship was found between higher temperatures and cowpea grain yield. In this study, the average number of leaves per plant was negatively correlated to plant population per hectare, comparable results were found by [14]. Cowpea grown under low density had higher leaves chlorophyll content than those grown at high density [14], which is different from our findings. The result may be explained by the fact that increasing in plant population is not enough to induce competition between plants for nutrients, light and water in which would result decrease of average leaves chlorophyll content. The average plant height was not significantly impacted by cropping season as well as plant population per hectare. [15] and [16] found that cowpea produced at highest density led to taller plants height. In contrary, [17] demonstrated that plant height decrease with increasing of plant density per hectare. Furthermore, [18] and [15] reported that differences in plants height could be explained by genetic variation between the varieties. Significant difference of plant height was noted within the varieties which can be classified into three group according to their height. The average number of branches per plant was significantly different among the cowpea varieties due to their genetic composition. [12] and [19] reported significant difference in average number of branches per plant among different cowpea varieties. The variation of plant population did not significant affect 50% flowering and 95% maturity as well as average pods length. Concerning 50% flowering, similar results were found by [20] who observed that this character gave statistically similar results when cowpea was sown at low or high plant population. This result is contrasted to the earlier results reported by [21] which found that increasing plant density could delay flowering in legume crops. Significant differences of 50% flowering, 95% maturity and average pods length is probably the fact of genotypes differential response. Shelling percentage and 100 seeds weight were significantly affected by cropping season and variety, this is comparable to the findings of [22] and [23]. The fact that 100 seeds weight follow the same trend from one location to another is the proof that this character is more varietal dependent. Our findings are supported by several studies from authors such [22], [24], [25] who noted significant difference between cowpea varieties for this character. However, this is inconsistent with the findings of [26] and [27] where varieties were statistically similar when 100 seeds weight was compared. Harvest index is an important character which contribute to predict grain yield because it has positive and close relationship [28] and [29]. High plant population decrease harvest index due to greater dry matter of shoots in expense of grains. Similar results were reported by [25], [30]. Furthermore, it is observed that harvest index is strongly correlated to the variety growth habit. These results are in line with previous reports which showed that harvest index of local cowpea varieties, generally prostrate or high spray were lower than improved ones [25], [31]. Fodder yield increase with plant population, this is corroborated by earlier findings [32] – [34], [35]. Also, [36] and [35] found that cowpea cultivars respond differently to plant population and the medium maturing varieties produced more fodder yield than the early maturing varieties, these results are consistent with our findings. It is remarked that there is a difference of fodder yield according to location, inherent environmental conditions of each locations may explain these differences [37]. According to [35], [38] and [39] the difference of grain yield across the locations is account for rainfall and soil fertility variations. [38] demonstrated that high density and super high density significantly increase grain yield of cowpea varieties in comparison with normal density. Similar effect of planting density on cowpea grain yield were highlighted by authors such [35], [40] and [41]. In both locations, the combined year data

revealed positive relationship between fodder and grain yield with increasing of plant population per hectare. Also, the interaction showed that variety and growing location have significant impact on fodder and grain yield. Comparable results were found by [42], [29] and [17].

4 CONCLUSION

From experiments conducted in two agro-ecological zones, growth characters such average leaves number, leaves chlorophyll content, plants dry weight, crop growth rate and average branches number of erected and semi-erected cowpea varieties did not show any significant variation due to effect of plant population per hectare. Also, character such 50% flowering, 95% maturity, pods length, shelling percentage, 100 seeds weight were not significantly influenced by plants population per hectare within the same location. The variation of these characters cited above account for intra seasonal rainfall, temperature, edaphic factors as well as intrinsic differences between the varieties. Furthermore, the results of this study show positive relationship between increasing of plants/ha with grain and fodder yield. We also suggest that the optimal yield should be determined by gradually increasing the plant population per hectare.

ACKNOWLEDGMENT

The authors appreciate the Centre for Dryland Agriculture (CDA) for supporting this research by providing scholarship under ACE-Project. We are also grateful to Institute of Environment and Agricultural Research (INERA/Burkina Faso) for its support during field experiments in Research Stations.

REFERENCES

- [1] N.A.S, Lost crops of Africa Natl. Academic Press, vol. Volume II, pp. 1–351, 2006.
- [2] M. P. Timko and B. B. Singh, Cowpea, a Multifunctional Legume *Genomics Trop. Crop.*, pp. 222–258, 2008, doi: 10.1007/s13398-014-0173-7.2.
- [3] S. K. Bello, A. A. Yusuf, and M. Cargele, Performance of cowpea as influenced by native strain of rhizobia, lime and phosphorus in Samaru, Nigeria, *Symbiosis* doi: 10.1007/s13199-017-0507-2, 2017.
- [4] Da Silva, A. C., Da Costa Santos, D., Junior, D. L. T., Da Silva, P. B., Dos Santos, R. C. and Siviero, A. A. Cowpea: A Strategic Legume Species for Food Security and Health doi: 10.5772/intechopen.79006.pp 1-19, 2018.
- [5] E. E. Grings, S. A. Tarawali, M. Blummel, A. Musa, C. Fatokun, and S. Hearne, *Cowpea in evolving livestock systems, Proc. Fith World Cowpea Conf.* pp. 322–333, 2012.
- [6] T. Ngalamu, J. Odra, and N. Tongun *Cowpea Production Handbook.* pp. 1-45, 2015.
<https://www.researchgate.net/publication/284900187>
- [7] A. A. D. C Bezzer, A. C. D. Neves, M. D. M. Rocha and L. D. C. R. D. Brito, Morpho-physiological and productive biometry in semi-erect cultivars of the cowpea under different plant populations pp. 625–630, 2017, doi: 10.5935/1806-6690.20170072.
- [8] X. Liu, J. Jin, G. Wang, and S. J. Herbert, Soybean yield physiology and development of high-yielding practices in Northeast China *F. Crop. Res.*, vol. 105, no. 3, pp. 157–171, 2008, doi: 10.1016/j.fcr.2007.09.003.
- [9] R. A. Ball, R. W. McNew, E. D. Vories, T. C. Keisling, and L. C. Purcell, Path analyses of population density effects on short-season soybean yield, *Agron. J.*, vol. 93, no. 1, pp. 187–195, 2001, doi: 10.2134/agronj2001.931187x.
- [10] D. Watson, Comparative physiology studies on the growth of fied crop II: The effect of varying nutrient supply on net assimilation rate and leave area, *Ann. Bot.*, vol. 11, pp. 375–407, 1958.
- [11] A. E. Hall, N. Cisse, S. Thiaw, H. O. A. Elawad, J. D. Ehlers, A. M. Ismail, R. L. Fery, P. A. Roberts, L. W. Klitch, L. L. Murdock, O. Boukar, O. D. Phillips and K. H. McWatters, Development of cowpea cultivars and germplasm by the Bean/Cowpea CRSP, *F. Crop. Re, s.*, vol. 82, no. 2–3, pp. 103–134, 2003, doi: 10.1016/S0378-4290 (03) 00033-9.
- [12] K. Agyeman, J. N. Berchie, I. Osei-Bonsu, E. Tetteh Nartey, and J. K. Fordjour, Growth and Yield Performance of Improved Cowpea (*Vigna unguiculata* L.) Varieties in Ghana, *Agric. Sci.*, vol. 2, no. 4, pp. 44–52, 2014, doi: 10.12735/as.v2i4p44.
- [13] I. Mohammed, D. A. Alawa, J. S. Mshelia, J. A. Betiang, S. B. Azu, and S. S. Bishie-unung, Effect of climate variation on the yield of cowpea (*Vigna unguiculata*), vol. 17, no. 3, pp. 456–462, 2021, doi: 10.5897/AJAR2020.14960.
- [14] J. Bisikwa, R. Kawooya, J. M. Ssebuliba, S. P. Ddungu, M. Biruma, and D. K. Okello, Effects of plant density on the performance of local and elite cowpea [*Vigna unguiculata* L. (Walp)] varieties in Eastern Uganda, *African J. Appl. Agricultural Sci. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 28–41, 2014.
- [15] A. M. El Naim and A. A. Jabereldar, Effect of plant density and cultivar on growth and yield of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp), *Aust. J. Basic Appl. Sci.*, vol. 4, no. 8, pp. 3148–3153, 2010.
- [16] M. N. Tswana, C. Kyuka, T. E. Bashiru, H.S. Muhammad, F.G. Bello and I. Abubakar, Effect of Spacing on Growth and Grain Yield of Cowpea Varieties (*Vigna unguiculata*) in Guinea Savanna Zone, Nigeria,« *Int. J. Agric.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–9, 2023, doi: 10.47604/ija.1909.
- [17] A. M. Segun, O. A. Elizabeth, O. K. Kolapo and S. K. Alani, «Productivity of Cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp) genotypes under Varying Population Densities,» *Niger. J. Pure Appl. Sci.*, vol. 34, no. 2, pp. 4089–4100, 2021, doi: 10.48198/njpas/21.a12.

- [18] B. Karikari and E. Arkorful, «Effect of phosphorus fertilizer on dry matter production and distribution in three cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) varieties in Ghana», *J. Plant Sci.*, vol. 10, no. 5, pp. 167–178, 2015, doi: 10.3923/jps.2015.167.178.
- [19] A. Miheretu and J. Sarkodie-Addo, «Response of cowpea (*Vigna unguiculata* [L.] Walp) varieties following application of nitrogen fertilizers and inoculation», *Journal of Agriculture and Veterinary Science* Vol.10, Issue 4, PP 32-38, 2017, 10.9790/2380-1004013238.
- [20] D. N. Njoku and C. O. Muoneke, « Effect of Cowpea Planting density on Growth Yield and Productivity of Component Crops in Cowpea/Cassava Intercropping System» *Journal of Tropical Agriculture, Food, Environment and Extension* vol. 7 pp. 106–113, 2008.
- [21] I. E. Rhoda, «Growth, Yield and Yield Components of Soybean as influenced by Sowing dates and plants population,» Ahmadu Bello University, Zaria. Nigeria, pp 65, 1989.
- [22] O. S. Sakariyawo, P. A. S. Soremi, K. A. Okeleye and S. G. Aderibigbe, «Variation in the performance of contrasting maturity class of cowpea cultivars (*Vigna unguiculata* L. Walp) in the derived Savanna,» *Agro-Science*, vol. 15, no. 2, p. 41, 2017, doi: 10.4314/as.v15i2.6.
- [23] Y. Momohjimoh and M. U. Tanko, «Effect of Nitrogen Starter Dose and Phosphorus Fertilizer Application on Growth, Yield Characters and Grain Crude Protein Content of Three Varieties of Cowpea in Anyigba, Kogi State, Nigeria,» *J. Innov. Agric.*, vol. 8, no. 1, p. 1, 2021, doi: 10.37446/jinagri/rsa/8.1.2021.1-10.
- [24] I. E. Ezeaku, B. N. Mbah and K. P. Baiyeri, «Planting date and cultivar effects on growth and yield performance of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp),» *African J. Plant Sci.*, vol. 9, no. 11, pp. 439–448, 2015, doi: 10.5897/ajps2015.1353.
- [25] A. M. El Naim, A. A. Jabereldar, S. E. Ahmed, F. M. Ismaiel and E. A. Ibrahim, «Determination of Suitable Variety and Plants per Stand of Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) in the Sandy Soil, Sudan,» *Adv. Life Sci.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–5, 2012, doi: 10.5923/j.als.20120201.01.
- [26] A. Singh, A. L. Baoule, H. G. Ahmed, A. U. Dikko, U. Aliyu, M. B. Sokoto, J. Alhassan, M. Musa and B. Haliru, «Influence of Phosphorus on the performance of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) varieties in the Sudan savanna of Nigeria,» vol. 2, no. 3, pp. 313–317, 2011, doi: 10.4236/as.2011.23042.
- [27] B. Karikari, E. Arkorful and S. Addy, «Growth, Nodulation and Yield Response of Cowpea to Phosphorus Fertilizer Application in Ghana,» *J. Agron.*, vol. 14, no. 4, pp. 234–240, 2015, doi: 10.3923/ja.2015.234.240.
- [28] C. Toker and M. I. Cagiran, «The use of Phenotypic Correlations and Factor Analysis in Determining Characters for Grain Yield Selection in Chickpea (*Cicer arietinum* L.),» *Hereditas*, vol. 140, no. 3, pp. 226–228, 2004, doi: 10.1111/j.1601-5223.2004.01781.x.
- [29] N. Kamai, N. A. Gworgwor and J. W. Wabekwa, «Varietal Trials and Physiological Components Determining Yield Differences among Cowpea Varieties in Semiarid Zone of Nigeria,» *ISRN Agron.*, vol. 2014, pp. 1–7, 2014, doi: 10.1155/2014/925450.
- [30] M. Majoddam and A. Nouri, «The effect of Sowing Date and Plant Density on Yield and Yield Components of Cowpea,» *J. Med. Plants Res.*, vol. 6, no. 9, pp. 461–467, 2012, doi: 10.5897/jmpr11.1318.
- [31] A. D. S. de Freitas, A. F. Silva and E. V. de Sá Barretto Sampaio, «Yield and Biological Nitrogen Fixation of Cowpea Varieties in the Semi-Arid Region of Brazil,» *Biomass and Bioenergy*, vol. 45, pp. 109–114, 2012, doi: 10.1016/j.biombioe.2012.05.017.
- [32] C. S. Patidar, «Effect of Row Spacings on Growth and Seed yield of Forage Cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] varieties,» Jawaharlal Nehru Krishi Vishwa Vidyalaya Jabalpur, Thesis, pp 83, 2005.
- [33] G. E. Nwofia, M. C. Nwanebu and E. U. Mbah, «Yield and Yield Component Responses of Some Cowpea Varieties to Population Density Structures Under Rainfed Conditions in Lowland Tropics of Southeast Nigeria,» *World J. Agric. Sci.*, vol. 10, no. 2, pp. 68–75, 2014, doi: 10.5829/idosi.wjas.2014.10.2.1815.
- [34] A. Y. Kamara, L. Omoigui, N. Kamai and Ewansih S. «*Improving Cultivation of Cowpea in West Africa*, Sivasankar, S. et al. (ed.), Achieving sustainable cultivation of grain legumes Vol. 2: Improving Cultivation of Particular Grain Legumes, Burleigh Dodds Science Publishing, Cambridge, UK, 2018, doi: 10.19103/AS.2017.0023.30.
- [35] A. Y. Kamara, A. I. Tofa, S. Kyei-Boahen, R. Solomon, H. A. Ajeigbe, and N. Kamai, «Effects of Plant Density on the Performance of Cowpea in Nigerian Savannas,» *Exp. Agric.*, vol. 54, no. 1, pp. 120–132, 2018, doi: 10.1017/S0014479716000715.
- [36] A. T. Jallow and T. U. Ferguson, «Effects of Plant Densities and Cultivar on Seed Yield of Cowpeas (*Vigna unguiculata* (L.)) in Trinidad. *Tropical Agriculture*, 62 (2),» 1985.
- [37] B. D. Adewale, C. Okonji, A. A. Oyekanmi, D. A. C. Akintobi, and C. O. Aremu, «Genotypic Variability and Stability of Some Grain Yield Components of Cowpea,» *African J. Agric. Res.*, vol. 5, no. 9, pp. 874–880, 2010, doi: 10.5897/AJAR09.481.
- [38] H. Ishikawa, B. J. Batiéno, C. Fatokun, and O. Boukar, «A High Plant Density and the Split Application of Chemical Fertilizer Increased the Grain and Protein Content of Cowpea (*Vigna unguiculata*) in Burkina Faso, West Africa,» *Agric.*, vol. 12, no. 2, 2022, doi: 10.3390/agriculture12020199.
- [39] K. Atakora, M. E. Essilfie, K. Agyarko, H. K. Dapaah, and K. G. Santo, «Evaluation of Yield and Yield Components of Some Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) Genotypes in Forest and Transitional Zones of Ghana,» *Agric. Sci.*, vol. 14, no. 07, pp. 878–897, 2023, doi: 10.4236/as.2023.147059.
- [40] W. Erskine and T. N. Khan, «Effects of Spacing on Cowpea Genotypes in Papua New Guinea, *Expl Agric.*, pp. 401-410, 1976 doi: 10.1017/S0014479700007420.
- [41] B. Ali, A. U. Izge, P. E. Odo, and D. Aminu, «Varietal Performance of Dual Purpose Dry Season Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp),» *Am. J. Sustain. Agric.*, vol. 3, no. 1, pp. 13–18, 2009.
- [42] D. Shanko, M. Andargie, and H. Zelleke, «Genetic Variability and Heritability of Yield and Related Characters in Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.),» vol. 4, no. 2, pp. 21–26, 2014.

Rôle de l'adénosine désaminase dans le diagnostic de la tuberculose pleurale

[Role of adenosine deaminase in the diagnosis of pleural tuberculosis]

Hanane Charaf, Bouchra Daher, Mouna Soualhi, Rachida Zahraoui, and Jamal Eddine Bourkadi

Service de Pneumo-Phtisiologie, l'Hôpital Moulay Youssef, Institut Mohammed V, Rabat, Morocco

Copyright © 2024 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: Tuberculosis (TB) is a bacterial infection that can affect many organs including the pleura, and its diagnosis is not always easy. Adenosine deaminase (ADA) has been developed and widely used for the diagnosis of tuberculosis. Objective: To determine the diagnostic utility of adenosine deaminase (ADA) in a series of 80 pleural effusions, and whether pleural ADA can replace pleural biopsy in the evaluation of suspected pleural tuberculosis. We also propose a review of the literature on the characteristics, metabolism and clinical uses of ADA for the diagnosis of pleural tuberculosis in clinical practice. Methods: This is a retrospective study of 200 patients with pleural effusion, of whom 80 patients had an adenosine deaminase assay in pleural fluid. The study was conducted at the day hospital of Moulay Youssef Hospital, CHU Ibn Sina of Rabat, during the year of 2018.

Results: Among 200 patients admitted for pleurisy exploration, 80 patients had benefited from adenosine deaminase assay, 90% of pleurisies were of tubercular origin, 75% were retained on histological arguments (by pleural biopsy), while the remainder were retained in front of clinical, biological, radiological and evolutionary arguments. The median pleural ADA level was 53 IU/L.

Conclusion: ADA is a rapid and precise means of detecting tuberculous pleurisy, it can be used to support the diagnosis and in particular in case of absence of histological evidence either in front of the impossibility of realization of a pleural biopsy (child, effusion of small abundance), or in front of a not contributive anatomic-pathological result.

KEYWORDS: ADA, Adenosine deaminase, pleural tuberculosis.

RESUME: Contexte: La tuberculose est une infection bactérienne pouvant toucher de nombreux organes y compris la plèvre, le diagnostic de cette dernière n'est pas toujours aisé. L'adénosine désaminase (ADA) a été développée et largement utilisée pour le diagnostic de la tuberculose.

L'objectif: Déterminer l'utilité diagnostique de l'adénosine désaminase (ADA) dans une série de 80 d'épanchements pleuraux, et de savoir si l'ADA pleurale peut remplacer la biopsie pleurale pour l'évaluation d'une suspicion de tuberculose pleurale. Nous proposons également une revue de littérature sur les caractéristiques, le métabolisme et les utilisations cliniques de l'ADA pour le diagnostic de la tuberculose pleurale dans la pratique clinique.

Méthodes: Il s'agit d'une étude rétrospective de 200 patients présentant un épanchement pleural, dont 80 patients ayant réalisé un dosage de l'adénosine désaminase dans le liquide pleural. L'étude a été réalisée à l'hôpital du jour de l'hôpital Moulay Youssef, CHU Ibn Sina du Rabat.

Résultats: Parmi les 200 patients admis pour exploration d'une pleurésie, 80 malades avaient bénéficié du dosage de l'adénosine désaminase, 90% des pleurésies étaient d'origine tuberculeuse, 75 % étaient retenues sur des arguments histologiques (par biopsie pleurale), alors que le reste était retenu devant des arguments cliniques, biologiques, radiologiques et évolutives. Le taux médian d'ADA pleural était de 53UI/L.

Conclusion: ADA est un moyen rapide et précis de détecter la pleurésie tuberculeuse, elle peut être utilisée pour appuyer le diagnostic et en particulier en cas d'absence d'une preuve histologique soit devant l'impossibilité de réalisation d'une biopsie pleurale (l'enfant, épanchement de faible abondance), ou devant un résultat anatomic-pathologique non contributif.

MOTS-CLEFS: ADA, Adénosine désaminase, tuberculose pleurale.

1 INTRODUCTION

La tuberculose (TB) est une maladie bactérienne causée par le *Mycobacterium tuberculosis*. La tuberculose reste l'un des principaux problèmes de santé publique au Maroc et dans le monde. Au niveau mondial, l'OMS estime que 10,0 millions (fourchette de 8,9 à 11,0 millions) de personnes ont contracté la tuberculose en 2020 [1], la tuberculose a entraîné 1,2 million (fourchette de 1,1 à 1,5 million) de décès dans le monde chez les personnes séronégatives au cours de la même année (une réduction par rapport à 1,7 million en 2000), et 208 000 décès supplémentaires (fourchette, 177000-242000) parmi les personnes séropositives (contre 678 000 en 2000) [1]. Au Maroc, en 2020 on a notifié 30 762 cas de tuberculose soit 86/100000 habitants, toutes formes confondues [2]. Un diagnostic rapide est essentiel pour un programme efficace de lutte contre la tuberculose.

La démarche diagnostique devant la suspicion de la tuberculose pleurale repose sur les données épidémiologiques, clinique, radiologique, biologique et histologique. Néanmoins, le caractère invasif de la biopsie pleurale associé à la croissance particulièrement longue et difficile des mycobactéries et le coût élevé des techniques de biologie moléculaire, aux résultats peu spécifiques, rendent le diagnostic définitif difficile à établir. Depuis une vingtaine d'années, la détermination de l'activité de l'adénosine désaminase (ADA) dans les liquides biologiques au cours de processus tuberculeux a suscité l'intérêt de certains biologistes et cliniciens, de pays à forte prévalence de tuberculose, qui recommandent son association aux autres outils diagnostiques.

L'adénosine désaminase est une enzyme ubiquitaire intervenant dans le métabolisme des bases puriques est largement retrouvée dans les lymphocytes T, les monocytes et les macrophages activés lors d'un processus d'immunité à médiation cellulaire. La revue de la littérature concernant cette enzyme montre à travers plusieurs études clinicobiologiques internationales, un certain consensus quant à l'intérêt que revêt sa détermination dans les liquides biologiques pour le diagnostic d'une tuberculose. Concernant le liquide pleural, les valeurs seuils rapportées varient de 33 à 48 U/L avec des sensibilités et spécificités supérieures à 80 %.

Nous proposons à travers ce travail de faire le point sur l'intérêt de la détermination de cette activité enzymatique dans le liquide pleural.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

Une étude rétrospective de 200 patients présentant un épanchement pleural a été réalisée à l'hôpital du jour, service de pneumo-phtisiologie de l'hôpital Moulay Youssef, CHU Ibn Sina du Rabat, durant l'année de 2018. 80 patients ayant réalisé un dosage de l'adénosine désaminase dans le liquide pleural. L'analyse statistique a été effectuée par le logiciel SPSS 20. Nous avons calculé la sensibilité (Se), la spécificité (Sp), la valeur prédictive positive (VPP) et la valeur prédictive négative (VPN) avec un seuil d'ADA fixé à 37UI/L.

3 RÉSULTATS

Nous avons inclus 200 patients admis pour pleurésie, dont 80 malades avaient bénéficié du dosage de l'adénosine désaminase, avec une moyenne d'âge de 45 ± 30 ans, le sex-ratio est de 1,2 (44 % femmes et 56 % hommes), 65 % avaient des habitudes toxiques. 90% des pleurésies étaient d'origine tuberculeuse, 75 % étaient retenues sur des arguments histologiques (par biopsie pleurale), alors que le reste était retenu devant des arguments cliniques, biologiques, radiologiques et évolutives. Le taux médian d'ADA pleural était de 53UI/L. La sensibilité était de 89 %, la spécificité: 60 %, la VPP: 77 %, et la VPN: 96 %.

4 DISCUSSION

L'adénosine désaminase (ADA) est une enzyme ubiquitaire qui catalyse la désamination de l'adénosine en inosine et celle de la désoxyadénosine en désoxyinosine avec libération de l'ammoniaque dans le milieu [3].

L'activité de l'ADA résulte de l'action de deux isoenzymes Ada-1 et Ada-2 qui ont des pH différents et des affinités relatives à leurs substrats, l'adénosine et la désoxyadénosine.

L'ADA-1 est présente dans de nombreux tissus, y compris les globules rouges, sa détection reflète essentiellement une nécrose cellulaire. L'ADA-2 n'est présente que dans les macrophages et les monocytes [4, 5]. L'ADA agit sur la prolifération et la différenciation des lymphocytes, en particulier des lymphocytes T. Elle agit également dans la maturation des monocytes en les transformant en macrophages.

L'activité totale élevée de l'ADA dans les épanchements pleuraux tuberculeux est principalement due à une augmentation de l'ADA-2 qui est un marqueur diagnostique plus efficace que l'activité totale de l'ADA, bien que la différence ne soit pas statistiquement significative [6].

L'ADA est un indicateur important de l'immunité cellulaire active; il augmente dans les fluides biologiques au cours d'une maladie infectieuse caractérisée par des micro-organismes infectant les macrophages; la carence en ADA chez l'homme se manifeste principalement par une lymphopénie et une immunodéficience grave [7]. Les niveaux d'ADA augmentent dans la tuberculose en raison de la stimulation des cellules T par des antigènes mycobactériens [5].

L'activité de l'ADA est le plus souvent mesurée par la méthode de Giusti qui utilise l'adénosine comme substrat et le sulfate d'ammonium comme standard. Une unité d'enzyme ADA correspond à la libération d'1 mol d'ammoniaque/L/min à 37 °C quantifiée par la réaction chimique de Berthelot (hypochlorite, phénol, nitroprussiate) [8], ce qui permet une certaine uniformité des résultats au niveau international et leur comparaison. Cette technique simple, rapide et peu coûteuse peut être facilement mise en œuvre. À ces avantages s'ajoute sa meilleure stabilité dans les liquides d'épanchement, 21 jours à température ambiante sous un mélange glycérol éthylène glycol [9], et la bonne reproductibilité de sa mesure [10].

La prévalence de la tuberculose dans la population peut affecter considérablement la valeur prédictive du test ADA. Par conséquent, un niveau d'ADA élevé dans un pays où la prévalence de la tuberculose est faible ou très faible représente probablement un résultat faussement positif. Cependant, en raison de sa valeur prédictive négative élevée maintenue, quel que soit le taux de prévalence de la maladie, un niveau d'ADA inférieur à 35 U/L permis d'exclure le diagnostic de la tuberculose [11].

Depuis sa description il y a 30 ans [12], la mesure de l'activité de l'adénosine désaminase (ADA) dans le liquide pleural est considérée par certains comme un standard de référence important pour l'identification de la tuberculose pleurale (TB) dans la pratique clinique [13,14], alors que par d'autres elle est simplement une aide au diagnostic différentiel de l'épanchement pleural [15].

Les méthodes conventionnelles utilisent pour le diagnostic de la tuberculose pleurale, telles que l'examen direct du liquide pleural par coloration de Ziehl-Neelsen, la culture du liquide pleural et la biopsie pleurale, ne sont pas toujours efficace et elles ont des limites. L'examen microscopique du liquide pleural est rarement positif (5%). [16, 17, 18] La culture du liquide pleural a une faible sensibilité (24-58 %), et plusieurs semaines sont nécessaires pour cultiver le *Mycobacterium tuberculosis* (MTB). [18,19] La biopsie du tissu pleural et la culture du matériel de biopsie sont largement considérées comme les meilleures méthodes pour confirmer le diagnostic. [16,17] Bien qu'elles ne soient pas parfaites, la culture et/ou la biopsie sont donc largement considérées comme la norme de diagnostic. [17] Cependant, la biopsie pleurale est invasive, dépendante de l'opérateur et techniquement difficile (en particulier chez les enfants). [20] Parfois, le diagnostic différentiel de la tuberculose pleurale nécessite des procédures plus invasives comme la thoracoscopie ou thoracotomie. Ces procédures qui nécessitent une expertise, peuvent entraîner des complications et même augmenter la morbidité des patients. La thoracoscopie pour le diagnostic de la tuberculose pleurale offre un rendement diagnostique positif de près de 100% à l'histologie et de 76% à la culture [21,22]

Il convient de noter que l'utilisation de la biopsie pleurale pour diagnostiquer la tuberculose pleurale a considérablement diminué dans certains pays au profit de la détermination simple, rapide et comparativement peu coûteuse de l'ADA dans le liquide pleural, mais malgré la sensibilité et la spécificité élevée prouver par plusieurs études. Certains auteurs précisent que ce paramètre n'est pas encore suffisant pour supplanter la biopsie pleurale et spécialement dans les pays à faible incidence de tuberculose, contrairement à Sharma qui rapporte que, pour une valeur seuil de 100 U/L de l'activité de l'Ada dans le liquide pleural, il est possible d'éviter la ponction biopsie chez 40 % des patients [23]. Néanmoins, dans les zones à forte charge de tuberculose pharmaco-résistante, les résultats des cultures (y compris ceux des échantillons de biopsie pleurale) sont particulièrement nécessaires.

Les niveaux pleuraux d'un certain nombre de biomarqueurs ont été proposés comme aides au diagnostic de la tuberculose extra-pulmonaire (TEP), y compris ceux de l'ADA, de l'interféron-g, de l'interleukine-12p40, de l'interleukine-18, de la protéine acide immunosuppressive et du récepteur soluble de l'interleukine-2, dont les niveaux sont tous significativement plus élevés dans tuberculose extra-pulmonaire que dans l'atteinte extra-pulmonaire d'origine non tuberculeuse. [24, 25] Hiraki et ses collègues ont comparé directement les sensibilités de ces marqueurs dans le cadre d'une étude. [25] L'analyse ROC a démontré que l'interféron-g est l'indicateur le plus sensible et le plus spécifique de la (TEP) parmi les six marqueurs biologiques ci-dessus (AUC, 1,00). Viennent ensuite le récepteur soluble de l'interleukine-2 (SSC, 0,99), puis l'ADA (SSC, 0,96), l'interleukine-18 (SSC, 0,95), la protéine acide immunosuppressive (SSC, 0,93) et l'interleukine-12p40 (SSC, 0,87)

Villegas a procédé à une étude comparative de l'activité de l'Ada dans le liquide pleural, l'interféron gamma (IFN γ) et la polymérase chaîne réaction (PCR) chez 140 patients présentant un épanchement pleural, Les résultats montrent les sensibilités

et les spécificités suivantes: 88 % et 85,7 % pour l'activité de l'Ada; 85,7 % et 97,1 % pour IFNc et finalement 73,8 % et 90 % pour la PCR [26]

Une méta-analyse réalisée par Qiu-Li Ling et ces collaborateurs a montré que la sensibilité du test ADA varie de 0,47 à 1,00 (moyenne était de 0,92, IC à 95%) tandis que la spécificité varie de 0,41 à 1,00 (moyenne était de 0,90, IC à 95%) et que la sensibilité et la spécificité conjointes maximales étaient de 0,91, tandis que la SSC était de 0,96, indiquant un niveau relativement élevé de précision globale [27]. De nombreuses études ont confirmé la grande sensibilité et la spécificité de l'ADA (sensibilité 92% et spécificité 89%) pour le diagnostic précoce de la TB pleurale. Presque tous les chercheurs ont montré une sensibilité et une spécificité de 90 à 100 % pour la valeur de l'ADA dans le liquide pleural en utilisant différents niveaux de seuil. Gupta et al. ont montré une sensibilité et une spécificité pour le diagnostic de l'épanchement pleural tuberculeux de 100 % et 94,1 % respectivement [28], ce qui est presque similaire à l'étude réalisée par Burgess et al. (Sensibilité 90 % et spécificité 89 % à la valeur limite de 50 U/L) [29], Strankinga et al. (Sensibilité 100 % et spécificité 87 % à la valeur limite de 53 U/L) [30] et Farhana et al. (Sensibilité 95 % et spécificité 83,3 % à la valeur limite de 40 U/L) [31]. Dans notre étude la sensibilité était de 89 %, la spécificité: 60 %

Certains auteurs proposent d'associer l'activité de l'Ada à d'autres paramètres. Duprat Neves et al., rapportent dans leur étude les résultats de l'association de quatre indicateurs en l'occurrence, l'activité de l'Ada, le pourcentage de lymphocytes, la concentration de protéines au niveau du liquide pleural et l'âge des patients. Les auteurs notent d'une part que, quand la valeur de l'activité de l'Ada est supérieure à 39 U/L, la probabilité d'une pleurésie d'origine tuberculeuse passe de 50 à 85 %; en revanche, quand sa valeur est inférieure à 39 U/L, elle est réduite à 6 %. Cela justifie de choisir une valeur seuil pour poser le diagnostic. Les auteurs soulignent, d'autre part, l'intérêt de l'association de ces quatre paramètres en s'appuyant sur les valeurs de sensibilité et de spécificité de différentes combinaisons: activité de l'Ada et taux des lymphocytes seulement: 94,9 % et 84,5 %; activité de l'Ada, pourcentage de lymphocytes et taux de protéines: 92,9 % et 90,7 %; intégration des quatre paramètres: 90,9 % et 93,8 %, les valeurs seuils qui ont été retenues sont 39 U/L pour l'activité de l'Ada, âge inférieur à 45 ans, taux de lymphocytes supérieur à 81 % et celui des protéines supérieur à 41 g/L [32].

Dans notre expérience la recherche de l'activité d'Ada a été demandée pour appuyer le diagnostic de pleurite tuberculeuse devant un contexte clinique et un épanchement exsudatif lymphocytaire avec biopsie non concluante soit parce que la biopsie n'a pas été faite vu la faible abondance du liquide ou soit pour avoir un résultat rapide sans attendre les résultats de biopsie

Néanmoins, il est vrai que dans certaines pathologies, l'activité de l'Ada est élevée en dehors de la tuberculose au cours: infection purulente non tuberculeuse, arthrite rhumatoïde et pleurésies néoplasiques. Cependant, le diagnostic de ces entités peut être généralement établi en se basant sur les données cliniques, biochimiques et cytologiques de routine [3]

5 CONCLUSION

L'ADA est une enzyme essentielle de la voie catabolique des purines qui catalyse la réaction de désamination de l'adénosine en inosine qui augmente dans la tuberculose en raison de la stimulation des lymphocytes T par les antigènes mycobactériens.

Le bilan diagnostique des épanchements exsudatifs doit inclure une mesure de l'ADA dans le liquide pleural car, même dans les zones à faible prévalence de tuberculose, c'est un moyen rapide et précis de détecter la pleurésie tuberculeuse. Une valeur de l'ADA supérieure à 35 U/L plaide fortement contre cette maladie, une activité ADA extrêmement élevée devrait faire suspecter un empyème ou un lymphome.

La détermination de l'ADA est un test relativement sensible et spécifique pour le diagnostic de la pleurésie tuberculeuse. La mesure de l'ADA dans l'épanchement pleural est donc susceptible d'être un outil de diagnostic utile pour la pleurésie tuberculeuse. Les résultats des dosages de l'ADA doivent être interprétés en parallèle avec les résultats cliniques et les résultats des tests conventionnels

CONFLIT D'INTÉRÊT: Aucun

REFERENCES

- [1] World Health Organization (WHO) 2020. Global Tuberculosis report. <http://www.who.int/tb/country/en/index.html>, 2020.
- [2] Ministère de la Santé, Direction de l'Epidémiologie et de Lutte contre les Maladies. Situation Epidémiologique de la tuberculose au Maroc-Année 2020.

- [3] El Jahiri Y, Chellak S, Garcia C, Ceppa F, Burnat P. L'intérêt du dosage de l'adénosine désaminase dans les liquides biologiques au cours d'une tuberculose. *Ann Biol Clin*; 64 (2): 117-24, 2006.
- [4] Kaya S, Cetin ES, Aridogan BC et al. Activité de l'adénosine désaminase dans le sérum de patients atteints d'hépatite - un outil utile pour surveiller l'état clinique. *J Microbiol Immunol Infect*; 40: 288-92, 2007.
- [5] Gakis C. Adénosine désaminase (ADA), isoenzymes ADA1 et ADA2: rôle diagnostique et biologique. *Eur Respir J*; 9: 632-3, 1996.
- [6] Valdés L, San José E, Alvarez D, Valle JM. Analyse de l'isoenzyme adénosine désaminase (ADA) dans épanchements pleuraux: rôle diagnostique et pertinence pour l'origine de l'augmentation de l'ADA dans la pleurésie tuberculeuse. *Eur Respir J*, 9, 747-751, 1996.
- [7] Cimen F, Ciftci TU, Berktaş BM et al. La relation entre les niveaux d'adénosine désaminase sérique dans la tuberculose pulmonaire ainsi que la résistance aux médicaments et la catégorie de tuberculose. *Turkish Respir J*; 9: 20-3, 2008.
- [8] Giusti G. Adenosine deaminase. In: Bergmeyer HU, ed. *Methods of enzymatic analysis*. New York: Academic Press,; 303-7, 1974.
- [9] Miller KD, Barnette R, Light RW. Stability of adenosine deaminase during transportation. *Chest*; 126: 1933-7, 2004.
- [10] Gary Lee YC, Jeffrey TR, Michel Rodriguez R, Kent D, Richard W. Adenosine deaminase levels in nontuberculous lymphocytic pleural effusions. *Chest*; 120: 356-61, 2001.
- [11] José M. Porcel, Aureli Esquerda, Silvia Bielsa. Performance diagnostique de l'activité de l'adénosine désaminase dans Le liquide pleural: Une expérience monocentrique avec plus de 2100 patients consécutifs. *European Journal of Internal Medicine* 21, 419-423, 2010.
- [12] Piras MA, Gakis C, Budroni M, Andreoni G. L'activité de l'adénosine désaminase dans les épanchements pleuraux: une aide au diagnostic différentiel. *Br Med J*; 2: 1751-2, 1978.
- [13] Valdés L, Pose A, San José E, Martinez-Vázquez JM. Épanchements pleuraux tuberculeux. *Eur J Intern Med*; 14: 77-88, 2003.
- [14] Segura RM, Pascual C, Ocaña I, Martinez-Vázquez JM, Ribera E, Ruiz I, et al. Adénosine désaminase dans le corps fluids: un outil de diagnostic utile pour la tuberculose. *Clin Biochem*; 22: 141-8, 1989.
- [15] Frye MD, Sahn SA. Épanchements pleuraux tuberculeux chez des patients non infectés par le VIH; 17.3, 2009.
- [16] Valdes L, Alvarez D, San Jose E, et al. Pleurisie tuberculeuse. Une étude portant sur 254 patients. *Arch Intern Med*; 158: 2017-21, 1998.
- [17] Escudero Bueno C, Garcia Clemente M, Cuesta Castro B, et al. Analyse cytologique et bactériologique des échantillons de biopsie de liquide et de pleur avec l'aiguille de Cope. Étude de 414 patients. *Arch Intern Med*; 150: 1190-4, 1990.
- [18] Epstein DM, Kline LR, Albelda SM, et al. Épanchements pleuraux tuberculeux. *Chest*; 91: 106-9, 1987.
- [19] Perez-Rodriguez E, Jimenez Castro D. L'utilisation des isoenzymes adénosine désaminase et adénosine désaminase dans le diagnostic de la pleurite tuberculeuse. *Curr Opinions Pulm Med*; 6: 259-66, 2000.
- [20] Porcel JM. Épanchement pleural tuberculeux. *Lung*; 187: 263-70, 2009.
- [21] Lumière RW. Mise à jour sur l'épanchement pleural tuberculeux. *Respirology*; 15: 451-8, 2010.
- [22] Sharma SK, Suresh V, Mohan A, et al. A prospective study of sensitivity and specificity of adenosine deaminase estimation in the diagnosis of tuberculosis pleural effusion. *Indian J Chest Dis Allied Sci*; 43: 149-55, 2001.
- [23] Wong PC. Prise en charge de la pleurite tuberculeuse: peut-on faire mieux ? *Respirology*; 10: 144-8, 2005.
- [24] Hiraki A, Aoe K, Eda R, et al. Comparaison de six marqueurs biologiques pour le diagnostic de la pleurite tuberculeuse. *Chest*; 125: 987-9, 2004.
- [25] Abrams LD. Nouvelles inventions: un poinçon de biopsie pleurale. *Lancet*; 1: 30-31, 1958.
- [26] Qiu-Li L, Huan-Zhong S, Ke Wang, Shou-Ming Q, Xue-Jun Q. Précision diagnostique de l'adénosine désaminase dans la pleurésie tuberculeuse: Une méta-analyse. *Médecine respiratoire* 102, 744-754, 2008.
- [27] Gupta DK, Suri JC, Goel A. Efficacité de l'ADA dans le diagnostic des épanchements pleuraux. *1nd J Chest Dis*; 32 (4): 205-8, 1990.
- [28] Burgess LJ. Utilisation de l'adénosine désaminase comme outil de diagnostic de la pleurésie tuberculeuse. *Thorax*; 50 (6): 672-4, 1995.
- [29] Strankinga WF. Activité de l'adénosine désaminase dans les épanchements pleuraux tuberculeux: un test de diagnostic. *Tubercle*; 68 (2): 137-40, 1987.
- [30] Farhana A, Islam MS, Rehena Z et al. Adenosine Deaminase and Other Conventional Diagnostic Parameters in Diagnosis of Tuberculous Pleural Effusion. *Dinajpur Med Col J*; 6 (2): 105-12, 2013.
- [31] Duprat Neves D, Marquis Diaz R, Alves Da Cunha AL, Amorim Presa PC. What is the probability of a patient presenting a pleural effusion due to tuberculosis ? *Braz J Inf Dis*; 8: 311-8, 2004.

Impact des réseaux sociaux dans le milieu de l'enseignement supérieur et universitaire en République Démocratique du Congo, province du Kongo Central dans le territoire de Tshela

[Impact of social networks in the higher education and university environment in the Democratic Republic of Congo, Kongo Central province in the Tshela territory]

Lusiku Muabi Grace¹, Kumbu Matalanga Alphonse¹, Menga Mbambi Fidèle¹, and Tshimpolo Tshitokongo Samuel²

¹Institut Supérieur des Techniques Médicales de Tshela, RD Congo

²Institut Supérieur Pédagogique de Kangu à Tshela, RD Congo

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: To reach our research period, we began our study in October 2017 and completed it in June 2018, nine months corresponding to an academic year.

Higher education and university institutions would therefore have everything to gain from turning to applications dedicated to learning via this social media.

Our study has as its field of research three higher education institutions, namely I.S.P/KANGU, ISTM/Tshela and ISEA/Tshela. Indeed, social networks became popular in the 2000s. They are increasingly used in different ways in the field of information and communication technologies.

In view of our scientific reflection, all our respondents often consult social networks. Clearly, the three higher education institutes in the area provide good support to students in the regular use of the Internet.

As an illustration, for Internet connection, seventy-seven students or 62.07% use cell phones, thirty-three or 28.49% use Internet cafes and eleven with a percentage of 9.48 use modems.

Currently, Facebook is the most used social network. We noted eighty-two or 70% of our respondents against twenty-nine or 25% for WhatsApp. Twitter and YouTube are less used by our respondents.

KEYWORDS: impact, social networks, environment, higher and university education.

RESUME: Pour atteindre notre période de recherche, nous avons commencé notre étude au mois d'octobre 2017 et nous l'avons achevée au mois juin 2018 soit neuf mois qui correspondent à une année académique.

Les institutions d'enseignement supérieur et universitaire auraient du coup tout à gagner à se tourner vers des applications consacrées à l'apprentissage via ce média social.

Notre étude a pour champ de recherche trois établissements d'enseignement supérieur à savoir l'I.S.P/KANGU, l'ISTM/Tshela et ISEA/Tshela.

En effet, les réseaux sociaux se sont popularisés dans les années 2000. De plus en plus, ils sont utilisés de différentes manières dans le domaine des technologies de l'information et de la communication.

Au regard de notre réflexion scientifique, tous nos enquêtés consultent souvent les réseaux sociaux. En clair, les trois instituts supérieurs de la place encadrent bien les étudiants dans l'exploitation régulière de l'Internet.

A titre d'illustration, pour la connexion à l'Internet, soixante-dix-sept d'étudiants soit 62,07% utilisent le téléphone cellulaire, trente-trois soit 28,49% le cybercafé et onze avec un pourcentage de 9,48 utilisent le modem.

Actuellement, le Facebook est le réseau social le plus exploité. Nous avons noté quatre – vingt-deux soit 70% de nos enquêtés contre vingt-neuf soit 25% pour la WhatsApp. Le Twitter et You Tube sont moins utilisés par nos enquêtés.

MOTS-CLEFS: impact, réseaux sociaux, milieu, enseignement supérieur et universitaire.

1 INTRODUCTION

Les réseaux sociaux pénètrent sans limite tous les milieux de la vie humaine. Pour des raisons d'objectivité le milieu académique constitue indivisiblement le cadre de prédilection de cette investigation de taille.

Apparu à la fin des années 1960, l'Internet que nous connaissons aujourd'hui avec ses multiples avantages dès le début de ce nouveau siècle, sert à accomplir des projets dont les utilisateurs ont besoin.

L'Internet permet de relier les ordinateurs des milieux de recherche entre eux, de mettre au point des réseaux d'ordinateurs distants. Cette liaison d'ordinateur vise à utiliser au mieux ce matériel et renforcer le développement scientifique susceptible d'être utilisé à des fins multiples.

En effet de nos jours, le nombre de sites web croît de plus en plus. Les usagers découvrent la joie sur le NET, les fonctionnalités offertes par la norme HTML augmentent.

La présence de WEB sur l'Internet en modifiant sa nature et les sites commerciaux deviennent de plus en plus nombreux. Les entreprises ou soit les instituts supérieurs et universitaires en passant par les étudiants découvrent qu'ils peuvent donner une bonne visibilité en créant leurs pages WEB.

Celle – ci contiendra du texte, des liens http vers les images, du son des animations, donne la possibilité aux personnes intéressées par la vision de se connecter les uns aux autres via les équipements informatiques.

Depuis le temps le plus reculé, l'homme a toujours développé le mécanisme de communications sociales. L'histoire nous a renseigné que les habitants d'une contrée se communiquaient par les messages à travers le tamtam, le geste, lettres missives, etc.

A ce jour à l'aide de l'ordinateur ou de téléphone les êtres humains ont mis en place des mécanismes de contact appelé le réseau social. Les chercheurs ont essentiellement pour souci de rendre la vie de l'homme aisée grâce aux résultats de découvertes. Ainsi, le monde informatique s'évertue en plein 21^{ème} siècle à rapprocher les hommes travers l'Internet peu importe la distance.

Les réseaux sociaux pénètrent sans limite tous les milieux de la vie humaine. Pour des raisons d'objectivité le milieu académique constitue indivisiblement le cadre de prédilection de cette investigation de taille.

La problématique désigne l'ensemble de questions posées dans un domaine de la science en vue de rechercher des solutions qui s'imposent. ⁽¹⁾

Les réseaux sociaux se sont popularisés dans les années 2000. De plus en plus, ils sont utilisés de différentes manières dans le domaine des technologies de l'information.

Plusieurs journaux ou chaînes d'antennes utilisent les réseaux sociaux dans le but de diffuser de l'information rapidement et efficacement. Plusieurs organisations exploitent en toute vraisemblance les réseaux sociaux dans le but de la transmission de l'information et de la communication.

Dans les domaines académique et scolaire, les réseaux sociaux sont de plus en plus utilisés puisqu'ils sont intéressants pour la jeunesse d'aujourd'hui qui appartient à cette génération de la vitesse de circulation d'information directe.

Ces réseaux sociaux représentent aujourd'hui un outil de travail. Entre autres, dans certaines écoles, c'est une approche qui est utilisée dans le but de diffuser de l'information à la fois aux étudiants, élèves et aux parents.

¹SHOMBA KINYAMBA, Méthodologie et épistémologie de la recherche scientifique, PUK, Kinshasa, 2014, p. 38.

A la lumière de la compréhension de la notion des réseaux sociaux, il nous revient de souligner la problématique en ces termes:

- Que signifie le réseau social ?
- Quels sont les paramètres des réseaux sociaux ?
- Comment les étudiants exploitent-ils les réseaux pendant leurs études ?
- Qu'elles sont les forces et les limites des réseaux sociaux ?
- Quels instituts supérieurs de notre champ de recherche offrent – ils aux étudiants en cette modernité ?

La recherche scientifique fait véritablement, l'objet d'une discipline des étapes à telle enseigne que le lecteur soit très bien guidé pour mieux piger le texte.

Ainsi, l'hypothèse est selon le professeur SHOMBA, une série des réponses qui permettent de prédire une vérité scientifique vraisemblable au regard des questions soulevées par la problématique et dont la recherche vérifie le bien – fondé ou le mal – fondé. ⁽²⁾

Pour nous, l'hypothèse est l'ensemble des propositions de réponses formulées relativement à la problématique et soumises à la vérification.

A ce titre, nous formulons notre hypothèse en ces termes:

- Les réseaux sociaux constitueraient à ce jour un mode de communication à très forte influence des êtres humains à travers l'Internet;
- Les étudiants seraient la catégorie sociale intéressée par cette nouvelle technologie de la communication et de l'information à leurs risques et périls;
- Nos instituts supérieurs de la place se chercheraient encore pour l'encadrement scientifique des étudiants devant le foisonnement des masses médias

Notre réflexion scientifique se propose de soumettre à toute utilisation rationnelle et objective des réseaux sociaux. Le présent travail offre au monde non seulement académique mais scientifique un modèle d'exploitation efficiente des réseaux sociaux.

2 METHODOLOGIE

2.1 MÉTHODE ANALYTIQUE

Cette méthode nous a aidées dans la décomposition, de manière détaillée, l'ancien système pour ainsi parvenir à la modélisation du nouveau système à mettre en place. Elle consiste à critiquer objectivement l'existant en vue de présenter un schéma idéal qui épargne l'humain d'éventuels désagréments.

2.2 MÉTHODE QUANTITATIVE

La méthode quantitative ou recherche quantitative donne une appréciation chiffrée d'un phénomène, s'appuyant sur des outils mathématiques, des statistiques, des probabilités, et en exprimant ce phénomène à travers des variables et des relations formelles entre ces variables (dépendance, corrélation et...).

Relevons aussi le fait que la recherche quantitative vise à montrer ou encore à démontrer l'ampleur d'une situation.

2.3 TECHNIQUE DOCUMENTAIRE

Cette technique nous a servi de parcourir plusieurs archives et documents en rapport avec aussi bien le cadre de notre recherche que la matière traitée. Ainsi, nous avons consulté entre autres les livres et les dictionnaires, les appareils téléphoniques, les supports informatiques.

² SHOMBA., K., op – cit, p. 48.

2.4 TECHNIQUE D'INTERVIEW

Cette technique de recherche est un procédé d'investigation scientifique utilisant un processus d'échange verbal pour recueillir des informations.

2.5 TECHNIQUE DE QUESTIONNAIRE

Nous avons dressé un questionnaire d'enquête comprenant les questions fermées, ouvertes et d'éventail. Les enquêtés ont dû formuler très clairement les réponses selon les cas.

2.6 TECHNIQUE D'OBSERVATION

Cette technique nous a permis de voir ce qui se passe dans les trois (3) Instituts précités. Pour le cas d'espèce, nous avons observé l'exploitation des réseaux sociaux par les étudiants dans milieux académiques. En autre qualité d'étudiante, nous avons fait de l'observation interne.

Comme l'exige toute recherche scientifique, notre travail a pour champ de recherche trois (3) établissements d'enseignement supérieur à savoir l'I.S.P/KANGU, l'ISTM/Tshela et ISEA/Tshela dans une période de neuf mois soit une année académique (du 16 octobre 2017 au... Juillet 2018). Le choix de cet espace géographique est judicieux dans la mesure où ce cadre d'enseignement supérieur constitue la base de référence de notre milieu de par l'ancienneté.

3 RESULTATS

Ainsi, cette population est triée dans les trois (3) promotions de la manière suivante: les premiers graduats de trois instituts cinquante – six (56) étudiants, les deuxièmes graduats trente-cinq (35) enfin pour les troisièmes graduats vingt – cinq (25) étudiants. Ce qui donne un total de cent seize (116) étudiants.

Tableau 1. Catégorie de population cible

N°	Promotion	Effectif	%
01	Premiers graduats	56	48
02	Deuxièmes graduats	35	30
03	Troisièmes graduats	25	22
	Total	116	100

Source: Notre enquête.

Commentaire: Il sied à signaler dans le tableau ci – dessus que, nous avons pris comme cible les promotions de tous les trois (3) instituts avec la prédominance des étudiants de premiers graduats représentant 48% compte tenu des effectifs se trouvant dans cette tranche, suivi des étudiants de deuxièmes graduats avec 30% ainsi que ceux de troisième graduats par 22% de nos échantillons.

Selon N'DA P., par population, il faut entendre une collection d'individus (humain ou non), c'est - à - dire un ensemble d'unités élémentaires qui partage des caractéristiques communes précisées par un ensemble de critères.³

Dans notre cas d'espèce, la population est composée d'une seule catégorie à savoir les étudiants. Ces derniers constituent la cible de notre investigation qui nous intéresse concernant les innovations technologiques influencent leur comportement communicationnel dans le milieu universitaire selon les nouvelles technologies de la communication et de l'information.

³ Shomba Kinyamba, S., et autres, Mutation du secteur informel en économie sociale en RD Congo, M.E.S., Kinshasa, 2014, p. 270

Tableau 2. Selon les instituts et les promotions

Institution	Promotion	Effectif	%
I.S.P./Kangu	Premiers graduats	21	18
	Deuxièmes graduats	14	13
	Troisièmes graduats	13	11
I.S.T.M./Tshela	Premiers graduats	16	13
	Deuxièmes graduats	12	10
	Troisièmes graduats	09	08
I.S.E.A./Tshela	Premiers graduats	19	16
	Deuxièmes graduats	09	08
	Troisièmes graduats	03	03
Total		116	100100

Source: Notre enquête.

Commentaire: Le tableau n°2 explicite les effectifs suivant les promotions. Il convient de noter que pour toute institution d'enseignement supérieur, le 1^{er} graduat constitue la base de la pyramide. Plus l'on monte, plus le nombre des étudiants diminue. Tous les G1 réunis représentent 47% de l'échantillon contre 31% en G2 et 22% en G3.

Tableau 3. Selon la fréquentation aux réseaux sociaux

Institution	Effectif	%
I.S.P./Kangu	48	41
I.S.T.M./Tshela	37	32
I.S.E.A./Tshela	31	27
Total	116	100

Source: Notre enquête.

Commentaire: Au regard de ce tableau n°3 relatif à la fréquentation aux réseaux sociaux, nous avons noté que 48 étudiants soit 41% de l'I.S.P./Kangu ont fait l'objet de notre enquête contre 37 soit 32% de l'ISTM/Tshela et 31 soit 27% de l'ISEA/Tshela.

Tableau 4. Répartition selon le sexe

Institution	Effectif		%
	M	F	
I.S.P./Kangu	30	18	41
I.S.T.M./Tshela	12	25	32
I.S.E.A./Tshela	18	13	27
Total	6060	56	100

Source: Notre enquête.

Commentaire: Le tableau n°4 prouve à suffisance que le sexe masculin utilise plus les réseaux sociaux à l'I.S.P./Kangu avec trente (30) enquêtés. L'ISTM/Tshela est dominé par le sexe féminin par vingt – cinq (25) enquêtés. Enfin, l'ISEA/Tshela par le sexe masculin pour dix – huit (18) enquêtés pendant la période d'étude.

Tableau 5. Fréquence de consultation de réseaux sociaux

Institution	Promotion	Effectif	%
I.S.P./Kangu	Premiers graduats	21	18
	Deuxièmes graduats	14	13
	Troisièmes graduats	13	11
I.S.T.M./Tshela	Premiers graduats	16	13
	Deuxièmes graduats	12	10
	Troisièmes graduats	09	08
I.S.E.A./Tshela	Premiers graduats	19	16
	Deuxièmes graduats	09	08
	Troisièmes graduats	03	03
Total		116	100100

Source: Notre enquête.

Commentaire: Il est à constater que les étudiants de premiers graduats sont plus intéressés à l'utilisation de réseaux sociaux avec vingt – un étudiants sur le quarante – huit dans l'ensemble d'enquêtés, viennent ceux de deuxièmes graduats avec quatorze. A la troisième position, nous avons les étudiants de troisièmes graduats s'estimant à treize étudiants.

Comme indiqué ci – haut, ce sont les promotions de premiers graduats qui font plus de communication par réseaux sociaux dans nos sites (campus). Les étudiants de deuxièmes et troisièmes graduats s'intéressent aussi par un faible taux de participation compte tenu de multiples occupations des enseignements et stages selon les options.

L'ISEA/Tshela est parmi les institutions ayant un site Internet dans nos milieux. Par contre, toujours sont souvent les étudiants de premiers graduats qui s'intéressent aux réseaux sociaux sachant que les autres promotions sont plus connectées à d'autres sites Web pour les recherches à résolution de travaux pratiques, interrogations et la conception de travaux de fin de cycle.

Tableau 6. Equipement utilisé à la connexion

Institution	Equipement utilisé		
	Téléphone cellulaire	Cybercafé VSAT	Modem clé USB
I.S.P./Kangu	26	17	05
I.S.T.M./Tshela	28	06	03
I.S.E.A./Tshela	18	10	03
Total	72	33	11
Pourcentage	62,07	28,49	9,48

Source: Notre enquête.

Commentaire: En ce qui concerne les équipements utilisés, nous avons trouvé que, les téléphones portables sont plus utilisés dans les sites de nos instituts supérieurs pour notre enquête avec un total de soixante – douze enquêtés soit 62,07% sur un total de cent seize (116). Suivi de la connexion au cybercafé avec VSAT estimé à trente-trois (33) enquêtés d'où 28,49% et enfin le modem clé USB par un total de onze (11) étudiants soit 9,48%.

Tableau 7. Nombre d'accès au Net (Internet)

N°	Accès à l'Internet	Sexe		%	
		M	F	M	F
01	Oui	60	56	52	48
02	Non	00	00	00	00
Total		116		100	

Source: Notre enquête.

Commentaire: Comme toujours, c'est le sexe masculin qui se connecte plus aux réseaux sociaux selon notre enquête avec 52% contre 48% pour le sexe féminin dans l'ensemble de toutes les promotions de nos trois (3) instituts supérieurs.

Tableau 8. Nombre d'accès au Net par téléphone par semaine

N°	Nombre d'accès par téléphone	Effectif	%
01	Une fois	15	13
02	Deux fois	13	11
03	Trois fois	09	08
04	Quatre fois	11	10
05	Cinq fois	7	06
06	Six fois	13	11
07	Sept fois	13	11
08	Plus de sept fois	35	30
	Total	116	100

Source: Notre enquête.

Commentaire: Presque toutes les couches de notre enquête utilisent plus leurs téléphones pour se connecter à l'Internet. Cet outil est portable même au niveau des auditoires, du campus facilement, les utilisateurs peuvent se connecter plus de huit fois (8) par semaine. Trente-cinq (35) enquêtés se connectent d'au moins plus de huit (8) fois par semaine.

Tableau 9. Nombre d'accès au Net par cybercafé VSAT par semaine

N°	Nombre d'accès par Cybercafé VSAT	Effectif	%
01	Une fois	12	10
02	Deux fois	27	23
03	Trois fois	09	08
04	Quatre fois	14	13
05	Cinq fois	04	03
06	Six fois	39	34
07	Chaque jour	11	09
	Total	116	100

Source: Notre enquête.

Commentaire: Il est à observer que 39 «enquêtés soit 34% accèdent au net par cybercafé pendant la semaine au moins 6 fois contre 11 soit 09% une fois le jour.

Tableau 10. Nombre d'accès au Net par Modem clé USB par semaine

N°	Nombre d'accès par Modem clé USB	Effectif	%
01	Une fois	11	09
02	Deux fois	06	05
03	Trois fois	18	16
04	Quatre fois	29	25
05	Cinq fois	17	15
06	Six fois	05	04
07	Chaque jour	30	26
	Total	116	100

Source: Notre enquête.

Commentaire: La consultation par modem se fait au moins une fois le jour pour 11 enquêtés soit 09% alors que nous avons noté 29 sujets soit 25% pour 4 fois. Toutefois, il nous revient de signaler aussi que 18 sujets soit 16% connectent par modem pour trois fois la semaine. Nous notons avec satisfaction que trente (30) enquêtés soit 26% naviguent chaque jour.

Tableau 11. Résultats

Promotions \ Réseaux	Facebook	Twitter	WhatsApp	Youtube
Premiers graduats	38	02	13	02
Deuxièmes graduats	27	01	07	00
Troisièmes graduats	17	00	09	00
Pourcentage	70	2,59	25	1,7
Total	152	064	54	02

Source: Notre enquête.

Vous remarquerez avec nous que, le réseau social Facebook est le plus utilisé avec quatre – vingt – deux (82) enquêtés soit soixante-dix pourcents dans l'ensemble de promotions. WhatsApp prend l'ampleur grâce à l'engouement de téléphones Androïde et Smartphone ayant l'application en question, cette dernière comptant vingt – neuf (29) utilisateurs soit un pourcentage de vingt – vingt (25%). En troisième position vient Twitter par trois (3) enquêtés soit trois (3) pourcents. Enfin, You Tube avec deux (2) pourcents soit deux (2) utilisateurs. Ces données concernent toutes les promotions durant la période de notre étude.

4 DISCUSSION

Les réseaux sociaux se veulent un accompagnateur de la population du 21^{ème} siècle. De plus en plus, ils furent utilisés de différentes manières dans le domaine des technologies de l'information. Plusieurs journaux ou chaînes d'antennes utilisent les réseaux sociaux dans le but de diffuser de l'information rapidement et efficacement.

Plusieurs autres organisations utilisent les réseaux sociaux dans le but de transmettre l'information.

Dans le domaine scolaire et universitaire, les réseaux sociaux sont de plus en plus utilisés puisqu'ils sont intéressants pour la jeunesse d'aujourd'hui qui appartient à cette génération d'information directe.

L'utilisation de réseaux sociaux est possible, afin de découvrir celle qui sera la plus adéquate pour augmenter le nombre des étudiants participant dans la communauté virtuelle.

Ils proposent une approche originale de l'émergence des réseaux dans laquelle des étudiants créent des relations, ou s'interdisent d'en créer, en tenant compte des liens préexistants. Ils suggèrent d'interpréter ces choix des étudiants en combinant les effets de trois types de régulation:

- normes macro – académique et sociale;
- normes spécifiques d'un réseau;
- conventions interpersonnelles entre les étudiants

Ce triangle des régulations permet de classer les différents types de structures des systèmes relationnels.

Il est possible de parler de sa propre vie académique et sociale en supposant que ces relations permettent de partager des règles de conduites, et surtout d'exercer un contrôle académique et social réciproque sur des pratiques très privées.

5 CONCLUSION

Au terme de notre réflexion scientifique, il nous revient de fixer les esprits sur la matière.

Notre sujet s'articule autour de l'impact des réseaux sociaux dans le milieu de l'enseignement supérieur. Nous avons bel et bien démontré que les réseaux sociaux n'épargnent pas l'étudiant, principal acteur de sa formation.

Pour mieux présenter notre analyse, nous avons eu à examiner le sujet en interprétant et développant les points important. Nous avons cherché à faire comprendre l'importance de réseaux sociaux dans la recherche scientifique.

Au regard de notre réflexion scientifique, tous nos enquêtés consultent souvent les réseaux sociaux. En clair, les trois (3) instituts supérieurs de la place encadrent bien les étudiants dans l'exploitation régulière de l'Internet.

A titre d'illustration, pour la connexion à l'Internet, soixante – douze (77) d'étudiants soit 62,07% utilisent le téléphone cellulaire, trente-trois (33) soit 28,49% le cybercafé et onze (11) avec un pourcentage de 9,48 utilisent le modem.

REFERENCES

- [1] DUTERME, Claude. La communication interne en entreprise: l'approche de Palo Alto et l'analyse des organisations, Bruxelles: De Boeck Université, 2007.
- [2] E. Lazega, Réseaux sociaux et structures relationnelles; Paris; Que sais-je? n° 3399, PUF, 1998.
- [3] Jacques Anis, Parlez-vous texto ? Guide des nouveaux langages du réseau, éd. Le Cherche-Midi, 2001, pp125 – 130.
- [4] Le cas de Facebook», *Quadersni*, 85|2014, pp. 85-100. Consulté, le 25 mai 2018 à 13 heures 45'.
- [5] M. Matmati, «Les NTIC induisent un nouveau modèle de GRH», *Management et Conjoncture Sociale*, n° 580, 2000, p. 21 – 30.
- [6] Microsoft Encarta 2009.
- [7] P. Mounier-Kuhn, « Comment l'informatique devint une science», PUF, Paris, p. 131, 2012.
- [8] Pablo Medina Aguerrebere, « La construction de la valeur de marque des universités à travers les réseaux sociaux.
- [9] SHOMBA KINYAMBA, Méthodologie et épistémologie de la recherche scientifique, PUK, Kinshasa, 2014, p. 38.
- [10] LAZEGA E., PATTISON P., «Multiplexity, generalized exchange and cooperation in organizations: a case study», *Social Networks* 21 (1), 1999, p. 67-90.
- [11] <http://publications.becta.org.uk/display.cfm?resID=38170&page=1835>, consulté, le 24 avril 2018 à 18 heures 27'.
- [12] <https://fr.wikipedia.org/wiki/YouTube>, consulté le 21 juin 2018 à 09 heures 47'.
- [13] <https://www.techopedia.com/definition/5219/youtube>, consulté le 21 juin 2018 à 10 heures 15'.
- [14] <https://www.whatsapp.com/?lang=fr>, consulté le 22 juin 2018 à 18 heures 40'.

Contrôle de qualité de la numération leucocytaire dans quelques formations médicales de références de l'ex-cité de Tshela: Cas de l'HGR/Pandji, centre de santé de Référence MIMVANZA et Centre Hospitalier Kilayika

[Quality control of leukocyte count in some reference medical training courses in the former city of Tshela: Case of HGR/Pandji, MIMVANZA Reference Health Center and Kilayika Hospital Center]

Litoba Molombe J. Robert, Mpia Nsele Jules, Phaka Phaka André, and Makaya Malonda Jérémie

Institut Supérieur de Techniques Médical de TSHELA (ISTM, Tshela), RD Congo

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: To make the quality control of the leukocyte numbering in some laboratories of the former city of Tshela, was the overall objective of this research. Blood samples for leukocyte (white blood cell) counting were taken from patients at Pandji General Reference Hospital, Mimvanza Reference Health Center and Kilayika Hospital Center and the latter were examined at the laboratory of the Higher Institute of Medical Techniques of Tshela (ISTM /Tshela) with respect for standards, enacted on the subject by the WHO.

Indeed, the quality control results of the numbering of white blood cells showed that the quality control parameters were good except for the parameter expression of the results with bad score at C.S.R/Mimvanza and C.H. Kilayika as well as the task parameter of Laboratory Technician with an average index at the Pandji General Reference Hospital in Tshela. In addition, the distribution of data according to age group revealed that the age group from 1 to 16 years was the most encountered with 36 cases out of 90, or 40%, on the other hand, that from 16 to 30 years was the less observed with 14 cases out of 90 or 16%.

This predominance of the age group of 1 to 15 years could be justified insofar as this category contains a vulnerable group, that of children from 0 to 5 years old. It was found that according to the presentation of the data of the number of white blood cells in the laboratories, that in the sense of the HGR/Pandji, which has a high frequency of normal results with 16 out of 42 normal cases, i.e. 38 %. According to the overall quality control results of the white blood cell count, quality of the white blood cell count, the normal results were superior compared to the abnormal, with 64 cases out of a total of 90, or 71% From the comparison of the quality control and lab results, we noticed a considerable discrepancy between the lab results and its results from our study.

After our analyzes we found that quality control of the WBC count was non-existent in medical laboratories, which is the cause of results that sometimes deviate from reality or standards. Our hypothesis according to which there would be the absence of quality control in the leukocyte numbering which would be the basis of the errors recorded in the expression of the results was fully confirmed.

KEYWORDS: control, quality, numeration, leukocyte, some training, medical, references.

RESUME: Faire le contrôle de qualité de la numérotation leucocytaire dans quelques laboratoires de l'ex – cité de Tshela, était l'objectif global visé dans cette recherche.

Les échantillons de sang pour la numérotation leucocytaire (Globule blanc) étaient prélevés chez les patients à l'hôpital Général de Référence Pandji, Centre de Santé de Référence Mimvanza et Centre hospitalier Kilayika et ces derniers ont été examinés au laboratoire de l'Institut Supérieur des Techniques Médicales de Tshela (ISTM /Tshela) avec respect de normes, édictées en la matière par l'OMS.

En effet, les résultats de contrôle de qualité de la numérotation de globules blancs à démontré que les paramètres de contrôle de qualité étaient bons à l'exception du paramètre expression des résultats avec score mauvais à C.S.R/Mimvanza et C.H. Kilayika ainsi que le paramètre tâche de Technicien de laboratoire avec un indice moyen à l'hôpital Général de Référence Pandji de Tshela.

En plus, la répartition des données selon la tranche d'âge a révélé que la tranche d'âge de 1 à 16 ans était la plus rencontrée avec 36 cas sur 90, soit 40% par contre, celle de 16 à 30 ans était la moins observée avec 14 cas sur 90 soit 16%.

Cette prédominance de la tranche d'âge de 1 à 15 ans pourrait se justifier dans la mesure où cette catégorie regorge un groupe vulnérable, celui des enfants de 0 à 5 ans.

Il a été constaté que selon la présentation des données de la numérotation des globules blancs dans les laboratoires, qu'à l'acceptation de l'HGR/Pandji, qui a une fréquence élevée des résultats normaux avec 16 cas sur 42 normaux, soit 38%.

Selon les résultats globaux de contrôle de qualité de la numérotation leucocytaire, de qualité de la numérotation leucocytaire, les résultats normaux ont été supérieur par rapport aux anormaux, avec 64 cas sur un total de 90, soit 71%.

De la comparaison des résultats de contrôle de qualité et des laboratoires, nous avons remarqué un écart considérable entre les résultats de laboratoires et ses de notre étude.

Après nos analyses nous avons constaté que le contrôle de qualité de la numération de GB était inexistant dans les laboratoires médicaux ce qui est à l'origine des résultats qui s'écartent de la réalité ou des normes quelque fois.

Notre hypothèse selon laquelle il y aurait l'inexistence de contrôle de qualité dans la numérotation leucocytaire qui serait à la base des erreurs enregistrées dans l'expression des résultats était confirmée en totalité.

MOTS-CLEFS: contrôle, qualité, numérotation, leucocytaire, quelques formations, médicales, références.

1 INTRODUCTION

La qualité au laboratoire peut être définie comme la justesse, la fiabilité et l'exactitude des résultats d'analyses des résultats de laboratoire qui doivent être correctement afin d'être utilisé à des fins clinique ou de santé publique (1,4).

Dans le but d'atteindre le plus haut niveau d'exactitude et fiabilité, il est essentiel d'exécuter tous les processus et les procédures au laboratoire de meilleure façon possible (2,6).

Le laboratoire est un système complexe impliquant beaucoup d'étapes dans la réalisation des activités ainsi qu'un grand nombre des personnes (7).

La complexité du système exige que tous les processus et procédures soient exécuter correctement, par conséquent un modèle de système de gestion de la quantité englobant le système dans son ensemble est primordial afin d'assurer un bon fonctionnement du laboratoire (2,4,10).

La qualité des soins est essentielle pour sauver des vies humaines des différentes maladies. Cependant, un diagnostic inapproprié ne peut en aucun cas aboutir à une prise en charge correcte des patients ainsi qu'à des soins de qualité (12).

Pour obtenir un système de gestion de la qualité qui fonctionne, la structure et la gestion du laboratoire doivent être organisés de telle sorte que des politiques de qualité puissent y être établies et mise en œuvre. Il doit y avoir une importance structure organisationnelle sur laquelle s'appuyer, l'implication de la direction et crucial et il doit également exécuter un mécanisme pour la mise en œuvre et le contrôle (1,7).

La ressources la plus importante au laboratoire consiste en un personnel compétent et motive. Le système de gestion de la qualité prend en compte de nombreux éléments parfois négligés de la gestion du personnel et vous rappelle l'importance des encouragements et de la motivation (1,7).

Les différents types d'appareils sont utilisés au laboratoire et chacun d'entre eux doit fonctionner correctement. Choisir le bon matériel, l'installer correctement, s'assurer que les nouveaux appareils fonctionnent bien et développe un système de maintenance, font partie du programme de gestion du matériel au sein du système de gestion de la qualité.

La gestion des réactifs et des consommables au laboratoire est souvent une tâche difficile.

Quoi qu'il en soit, une gestion rationnelle des achats et du stock, permet de faire des économies et des s'assurer que les réactif et consommables seront disponibles en cas de besoin. Les procédures appartenant à la gestion des achats et des stocks sont développés afin de s'assurer que tous les réactifs et consommables sont de bonne qualité, et qu'ils sont utilisé et stocker de manière à préserver leur intégrité et leur fiabilité (4).

Le contrôle des processus prend en compte différents facteurs important pour d'assurer de la qualité des processus d'analyse au laboratoire. Ces facteurs comprennent le contrôle qualité des analyses, la gestion appropriée des échantillons, incluant le prélèvement et le traitement et les méthodes de vérification et de validation (7).

Les techniques de laboratoire sont familières du processus. Le contrôle de qualité a été une des premières démarches de qualité utilisée au laboratoire et continu de jouer un rôle vital pour assurer la justesse des analyses.

Le produit fini du laboratoire est l'information, principalement sous forme de compte rendue de résultats. L'information (les données) doit être gérée soigneusement pour assurer la justesse et la confidentialité des résultats ainsi que leur accessibilité pour le personnel du laboratoire et le personnel de soin. L'information peut être gérée et transmise soit sous la forme papier soit sous forme informatisée (8).

Une erreur de laboratoire est un événement qui n'aurait pas dû se produire. Un système est nécessaire pour détecter ce produit (erreur), pour le gérer de façon appropriée, prendre des mesures afin que cela ne se reproduise pas (6).

Le processus d'évaluation est un outil pour examiner l'existant, ou encore à la performance d'autres laboratoires. L'évaluation peut être interne mise en œuvre au sein du laboratoire en utilisant le personnel du laboratoire, ou elle peut être externes menée par un groupe ou une agence extérieure au laboratoire. Les normes de qualité du laboratoire représentent une importance partie du processus d'évaluation, servant de repères pour le laboratoire (7,11).

A l'instar des autres pays du monde, certaines biologistes médicaux ont pris connaissance de l'importance du contrôle de qualité des examens de laboratoire (1,4).

Il constitue un élément majeur de l'évaluation des laboratoires, des analyses étant sensés rendre des résultats justes, et gérés par les personnels qualifiés, compétent et soucieux d'apporter le maximum de fiabilité à leur travail.

En particulier, ont développé des procédures contrôle de diligents les différentes expériences (5,10).

En république démocratique du Congo et dans l'ex-cité de Tshela, le contrôle de qualité n'est pas utilisé dans les laboratoires médicaux, à l'exception de celui de Ziehl pour le **PNLT** et de **TDR**, de la goutte épaisse et du frottis mince pour le **PNLP**.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODE

2.1 MATÉRIEL

2.1.1 DESCRIPTION DU MILIEU D'ÉTUDE

Notre étude s'est déroulée dans l'ex-cité de Tshela dans trois formations médicales de référence (services de laboratoire).

Récemment érigé par le décret-loi présidentiel n°13/026 du 13 Juin 2013 en ville.

Elle compte trois quartiers dont:

- Kasa Vubu
- Général Masiala
- Kabila

Cette agglomération a une superficie de 20 Km², avec un climat tropical chaud et humide à deux saisons (sèche et pluvieuse).

L'ex-cité de Tshela est entièrement situé dans l'hémisphère sud, de longitude 12° 49' 08" et à la latitude 04° 54' 33" sud, dont l'altitude vraie entre 200 et 400 m.

Sur le plan administratif, l'ex-cité de Tshela est le siège des institutions administratives : District (Division Unique du Bas – Fleuve), terre et de la cité de Tshela. Actuellement, celle est dirigée par l'administrateur du Territoire et le Chef de la Division Unique.

Cette agglomération à une population de 45000 habitants selon les statistiques de 2016 du territoire de Tshela ayant 27 localités et 138 avenues.

2.1.2 SITES DE PRÉLÈVEMENT DES ÉCHANTILLONS

Nonante (90 échantillons) échantillons de sang pour le contrôle de qualité de la numérotation leucocytaire étaient prélevés chez les patients chez qui les cliniciens de l'hôpital Général Pandji de Tshela, centre de santé de Référence Mimvanza et centre hospitalier Kilayika avaient demandé la numération des globules blancs parmi les analyses.

Trente (30) échantillons étaient constitués de sang des patients pendant la période allant du 20/01/2022 au 25/05/2022.

2.1.3 TRAITEMENT DES ÉCHANTILLONS

Nos échantillons pour le contrôle de qualité étaient analysés au laboratoire de l'ISTM/Tshela, selon les normes de l'OMS en la matière.

2.2 MÉTHODES

2.2.1 MÉTHODOLOGIE

Cette étude a consisté à une analyse prospective consistant à la numérotation des globules blancs des échantillons hématologiques (sang) des patients de l'hôpital Général de Référence Pandji, CSR/Mimvanza et C.H. Kilayika et comparer les résultats à ceux des laboratoires précités.

2.2.2 CRITÈRE D'INCLUSION

Nous avons inclus dans cette étude les patients en consultation pendant notre recherche, dans les formations médicales précitées, chez la numérotation des globules blancs était demandée sur le bon d'analyse par le clinicien.

2.2.3 CRITÈRE D'EXCLUSION

Etant exclus de cette étude tous les autres patients ne répondant pas au critère d'inclusion cité - haut.

3 RESULTATS

Cette étude avait comme objectif global, celui de réaliser le contrôle de qualité de la numérotation leucocytaire dans les laboratoires des formations médicales de l'ex-cité de Tshela durant laquelle 90 échantillons de sang des patients étaient analysés selon les normes en la matière.

Ainsi les résultats de notre recherche étaient repris dans les tableaux ci-après:

Tableau 1. Paramètre de contrôle de qualité et Score

Paramètres Laboratoire	Q.R (Turck)	Tâche de T.L	Etat de la cellule	Existence de compteur	Etat de microscope	Expr.de résultat
H.G.R/Pandji	B	M	B	B	B	M
C.S.R/Mimvanza	B	B	B	B	B	M
C.H/Kilayika	B	B	B	B	B	M

Légende: - B: Bon
- M: Moyen
- M: Mauvais

N.B.: Pour chaque paramètre le score est de bon, moyen ou mauvais.

Ce tableau montre que la plus part de paramètre de contrôle de qualité sont bons à l'exception de l'expression e résultats avec score mauvais à C.C.R/Mimvanza et C.H/Kilayika; le paramètre tâche de T.L qui a un indice moyen a l'H.G.R/Pandji.

Tableau 2. Répartition des données selon la tranche d'âge

N°	Tranche d'âge /an	Effectif	%
1	1 - 15	36	40
2	16 – 30	14	16
3	31 – 45	18	20
4	16 - 60	22	24
Total		90	100

Il ressort de ce tableau que la tranche d'âge de 1 à 15 est la plus rencontrée avec 36 cas soit 40 % sur total de 90 par contre, celle de 16 à 30 ans est la moins observée avec 14 cas soit 16%.

Tableau 3. Présentation des données de la numération des GB selon les laboratoires

Laboratoire	Résultats		Total	%
	Anormal	Normal		
H.G.R/Pandji	14 (47 %)	16 (53%)	30	100
C.S.R/Mimvanza	18 (60%)	12 (40%)	30	100
C.H/Kilayika	16 (53%)	14 (47%)	30	100
Total	48	42	90	100

Il ressort de ce tableau qu'à l'exception de l'H.G.R/Pandji de Tshela qui a présenté une fréquence élevée des résultats normaux avec 16 cas sur 30 soit 53 %. Par contre, le C.S.R/Mimvanza et le C.H/Kilayika ont un pourcentage plus élevé des résultats anormaux avec respectivement 60% soit 18 cas sur 30 et 53 % soit 16 cas.

Tableau 4. Présentation des résultats globaux de contrôle de qualité de la numération leucocytaire

Résultats	Effectif	%
Normaux	64	71
Anormaux	26	29
Total	90	100

Ce tableau montre 71% soit 64 cas de résultats normaux de contrôle de qualité de la numération leucocytaire, contre 26 cas soit 29 % des résultats anormaux.

Tableau 5. Comparaison des résultats de contrôle de qualité et des laboratoires

Paramètre	Résultat		Total	%	Labo	Résultat		Total
	Normaux	Anormaux				Anormaux	Normaux	
Contrôle de qualité	32 (71 %)	13 (29 %)	90	100	HGR/Pandji	16 (53%)	14 (47)	30
					CSR/Mimvanza	12 (40)	18 (60%)	30
					CH/Kilayika	14 (47%)	16 (53 %)	30
Total	64	26	90	100	Total	42	48	90

4 DISCUSSION

Le contrôle de qualité est un élément important pour la fiabilité, la justesse et l'exactitude des résultats, ainsi que de la mesure de la performance du personnel de laboratoire.

En effet 90 échantillons ont été soumis au contrôle de qualité pendant notre étude.

Le tableau 1 montre que la plus part de paramètres de contrôle de qualité sont bons à l'exception de l'expression des résultats avec score mauvais à C.C.R/Mimvanza et C.H/Kilayika; le paramètres tâche de T.L qui a un indice moyen à l'H.G.R/Pandji.

Cette situation observée, serait due à l'absence de contrôle de qualité interne dans les laboratoires de notre étude.

Le tableau 2 sur la répartition des données selon la tranche d'âge stipule que la tranche d'âge de 1 à 15 est la plus rencontrée avec 36 cas soit 40 % sur total de 90 par ailleurs, celle de 16 à 30 ans est la moins observée avec 14 cas soit 16%.

Nous pensons que cette prédominance de la tranche d'âge de 1 à 15 ans pourrait se justifier dans la mesure où, cette catégorie regorge un groupe vulnérable dont les enfants de 0 à 5 ans.

Le Tableau 3 sur la Présentation des données de la numération des **GB** selon les laboratoires, indique qu'à l'exception de l'H.G.R/Pandji de Tshela qui a présenté une fréquence élevée des résultats normaux avec 16 cas sur 30 soit 53 %, le C.S.R/Mimvanza et le C.H/Kilayika ont un pourcentage plus élevé des résultats anormaux avec respectivement 60% soit 18 cas sur 30 et 53 % soit 16 cas.

Ces résultats observés à l'H.G.R/ Pandji pourrait se justifier par la présence d'un personnel qualifié et bien formé qui travaille dans ce laboratoire.

Le Tableau 4 sur la Présentation des résultats globaux de contrôle de qualité de la numération leucocytaire montre que 71% soit 64 cas de résultats normaux de contrôle de qualité de la numération leucocytaire, contre 26 cas soit 29 % des résultats anormaux.

Cette situation vient démontrer que malgré l'inexistence de contrôle de qualité interne dans ces laboratoires, on observe quand même une bonne expression de résultat de la numération leucocytaire.

Le Tableau 5 sur la Comparaison des résultats de contrôle de qualité et des laboratoires, nous fait constaté qu'il y a une fréquence plus élevée des résultats anormaux dans les laboratoires avec 42 cas soit 46,6 % contre 26 cas soit 28,8 % de contrôle de qualité.

Cet écart considérable observé entre le contrôle de qualité et les laboratoires pourrait être dû à l'inexistence de contrôle de qualité interne dans les laboratoires.

Notre recherche corrobore avec celle menée par MAYEMBE MAYARA Michel, démontrant l'absence de contrôle de qualité de transaminases dans quelques laboratoires de Kinshasa en 2012, dans son mémoire de licence à la Section techniques de laboratoire, I.S.T.M/ Kinshasa en R.D.C, et appuie Sylvie Linsuke, Gisèle Nabazungu, Gillon Ilombe, Steve Ahuka, JEan-Jacques Muyembe, Pascal Lutumba (2020): dans leur article: Laboratoires médicaux et qualité des soins: la partie la plus négligée au niveau des hôpitaux ruraux de la République Démocratique du Congo, démontrons la négligence de service de laboratoire.

5 CONCLUSION

Cette étude sur le contrôle de qualité leucocytaire dans les formations médicales de référence de l'ex-cité de Tshela avait pour but de démontrer et de promouvoir l'importance de contrôle de qualité des Globules blancs (leucocytes) dans les laboratoires médicaux.

Après nos analyses, nous avons constaté que le contrôle de qualité de la numération des leucocytes était inexistant dans les laboratoires médicaux, ce qui serait à la base de la discordance observé entre les résultats de contrôle de qualité et les résultats des laboratoires avec respectivement 26 cas soit 28,8 % et 42 cas soit 46,6 %.

Ainsi, notre hypothèse selon laquelle, il y aurait l'inexistence de contrôle de qualité de la numération leucocytaire à l'H.G.R/ Pandji, CSR/MIMVANZA et C.H KILAYIKA qui serait à la base des erreurs observées dans l'expression de résultats de la numération de G.B est confirmée en totalité.

REFERENCES

- [1] ANAES (1997): Lecture critique de l'Hémogramme : valeurs seuils à reconnaître comme probablement pathologiques et principales variations non pathologique. Service de Références Médicales Iseptembre 1997, Agence Nationale d'Accréditation et d'Évaluation de la santé, P61-63.
- [2] DUFEY F. (1983): Le Corps humain : anatomie-physiologie, éd. C.R.P. Kinshasa. P 87-99.
- [3] KABENGELE G. (2019): Cours de complément d'hématologie L1 biomed ISTM/Kinshasa, inédit.
- [4] KAMOUN P. et FREJAVILLE J.P. : (1993) Guide des examens de laboratoire, Ed.Flammarion, Médecine — sciences, 3ème Edition, France. P 70-73.
- [5] MAYEMBE M. (2012): contrôle de qualité de transaminase dans quelques laboratoires de KINSHASA, mémoire de licence, section techniques de laboratoire ISTM/KINSHASA, inédit.
- [6] MEHTAA.B.et HOFFBRAND A.V. :(2003) Hématologie, Sciences Médicales série ClaudeBernard, Ed. De Boeck université, Paris. Bruxelles 52-56.
- [7] MWEMA M. G, KITENGE M.J., GABANGA N.L, MULONGO M.M - R et MOMO 1A (2004): Procédures opératoires standardisées, Unité d'hématologie, Laboratoire deBiologie Clinique, INRB, Kinshasa, RDC.
- [8] OMS (1982): Manuel de Techniques de base pour le laboratoire médical, Genève.P300-305.
- [9] RIEDLER GEORGES F. (1982): TABULAE HEMATOLOGICAL, Ed. Roche, Bale Suisse. P112-113.
- [10] ROTSARD de HERTAING et COURTEJOIE J. (1992): Laboratoire et santé, BERPS, KANGU Mayombe, RDC.P22-24.
- [11] THEMI H. (1985): Atlas d'hématologie pratique, Masson Paris France.
- [12] Jacques Muyembe, Pascal Lutumba (2020): Laboratoires médicaux et qualité des soins: la partie la plus négligée au niveau des hôpitaux ruraux de la République Démocratique du Congo, article publié dans: Pan African Medical Journal 35 (22).

Next generation sequencing in detecting Oral Cancer Due to Tobacco Consumption

Quang-Trung Nguyen¹, Deepak T.A.², Suchindra Suchindra³, and Avinash Tejasvi⁴

¹Center for Research and Technology Transfer, Vietnam Academy of Science and Technology, 18 HoangQuocViet, CauGiay, HaNoi, Vietnam

²Department of Oral Medicine and Radiology, V.S Dental College and Hospital, Bangalore, India

³Department of Engineering, National Institute of Mental Health and Neurosciences, Karnataka State Govt, Bangalore, India

⁴Department of Oral Medicine and Radiology, Kameneni Institute of Dental Science, Narketpally, India

Copyright © 2024 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: DNA sequence DNA Sequencing is the first step in establishing phylogenetic trees, protein structure prediction, diagnosis of cancer, discovery of drugs and hence its importance cannot be underestimated. DNA sequencing finds its use in the diagnosis of oral squamous cell carcinoma (OSCC). Oral Cancer is the most common occurring malignancies in the world, especially in India where the prevalence for smoking, Areca nut chewing coupled with a lifestyle that encourages these two activities as fashion are left many people diagnosed with OSCC. Patients with this OSCC are more likely unaware of its side effects and over time might suffer from facial deformity. The importance to understanding the symptoms, prevention and treatment of oral cancer is very much essential today. In this paper, we looked at over 2000 odd papers published and look at the correlation between the next Generation DNA sequencing algorithms (NGS) play an important role in diagnosis of OSCC. This is a further study on some of the papers which have highlighted NGS role in OSCC Diagnosis. We did like to see a comprehensive review on the papers published so far. In the discussion, we will see frequently mutated genes in the OSCC, recent discoveries and OSCC treatment based on the findings.

KEYWORDS: Sequence, phylogenetic Tree, Carcinoma, Gene.

1 INTRODUCTION

Tobacco is consumed as a recreational substance either orally (chewed, sniffed, inhaled, and sucked) or through a third party substance which contains tobacco, eg: Cigarette. Sometime, Tobacco is impersonalized as a cigarette in India when a tobacco is rolled like a small cigarette, eg Beedi [25,26]. In Latin America, thick tobacco leaves are fermented, and tobacco leaves of different grades are then layered to make a thick blunt which is popularly known as a cigar [27]. The consumption of tobacco increases the chances of oral cancer [11]. In India, although tobacco is still consumed orally, it is quickly fading away and is replaced by tobacco consumed through cigarette, cigar and beedis [27]. It is estimated that tobacco is the biggest killer, about 10 million deaths every year, of which tobacco consumption contributes to about 5 million [28,29]. From the literature, we observe that tobacco smokers have about 10 - 15% chance of developing oral cancer than nonsmokers and this percentage increases with the smoking frequencies [30-33].

Tobacco smoke and its byproducts mixed with saliva after chewing produces many carcinogenic materials which are commonly called polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). These PAHs are more pronounced in smokers than orally consumed tobacco patients [34]. Apart from these PAHs, Nitrosamines, aromatic amines, and other agents which are present in elevated levels in a smoker's urine at any given point of time. The PAHs are the main causes for cellular transformation [35, 36]. These PAHs would later alter, mutate the DNA, RNA, Protein and Genes in individuals. A RNA, DNA or a protein sequence is represented by a character set. DNA (A, C, G, T), RNA (A, C, G, U) and protein molecules (A, R, N, D, C, Q, E, G, H, I, L, K, M, F, P,

S, T, W, Y, V) [1 - 9]. Tobacco smoking is quite addictive, and once addicted, there is now constant exposure to these carcinogenic substances. This exposure would now lead to bondage of carcinogens to DNA genome (molecular changes or DNA changes). This bondage would now lead to DNA mutation where a protein character at one place in entire genome is replaced by another protein, there by mutating into other DNA form. In some cases, the DNA character goes missing or a new protein is added when it should not be [34].

2 LITERATURE

Oral cancer can be defined as the presence of lesions or tumors in the lip or [10]. Oral Cancer is most common form of cancer seen across the world and its ranking within each continent varies from year to year. It occupies the highest ranking in India and surrounding south-east Asia [11, 12, 13]. From our literature review we could conclude that oral cancer diagnosis cases have more than doubled from 1990 - present. It's about 3 out of 100000 and the adjusted life expectancy is about 66 years from the data. In Southeast Asia, the prevalence and fashion driven cigarette smoking and areca nut chewing amounts, amounts to 98% of the cases. Some cases where the oral cancer is due to passive smoking, oral Hygiene and others are reported [15, 16].

Oral Squamous Cell Carcinoma (OSCC) is the most common malignant epithelial neoplasm affect the oral cancer. Oral cancer can affect any region including oral cavity, pharyngeal regions, and salivary glands. Most of the legions are prevalent in the anterior part of the tongue, Labial, gingiva, alveolar muscle, the palate and some cases in the parotid glands or salivary glands [11], [18 – 20]. Despite many technological advancements in the recent times both in detection, prognosis and treatment, common treatment for oral cancer is still surgery or radiotherapy. If the cancer is in its initial stage, then the survival rate is considerably higher with either surgery or radiotherapy [21]. But if the cancer is detected in the 3rd or 4th stage then the survival rate falls to 30% [21] and most of the patients die within 12 - 24 months if the cancer is the advanced stage [22 - 24].

Today, efforts are made to increase the efficacy of radiotherapy and chemotherapy, either through the advent of precision targeted therapy like laser, and targeted medicine to expedite the research and development of targeted therapies and screening strategies in the oral cancer [18], [19]. Targeted molecular therapy, like monoclonal antibodies and gene therapy, have been applied to oral cancer patients. These molecules are associated with the proliferation of OSCC [20].

These protein displacement or replacement in the DNA chain play the pivotal role in the advert mutation and progression of the OC. DNA genome project is perhaps the biggest project ever taken in the bioinformatics area in the early 1990s [5]. Ever since then, the appetite for DNA knowledge acquisition has grown tremendously. With this curiosity, the research produced DNA sequencing algorithms ranging from local sequence alignment algorithms such as Smith-Waterman [37], FASTA [38], BLAST [39], GappedBLAST [40], BLASTZ [41], PatternHunter [42], YASS [43], LAMBDA [44], USearch [45], LAST [46], and ALLAlign [47] and MASAA [1-4]. These algorithms are concentrating on aligning locally similar sequences.

There are other algorithms which concentrate on aligning the entire sequences (Pairwise), these are Needleman and Wunsch [48], GLASS [49], WABA [50], and GLASS [51]. MASAA, GLASS and BLASTZ are very important in this research, in that, these algorithms a novel method of first finding regions of similarity quickly and then employ another novelty called stitching algorithm to finally find the final alignment. The regions of similarity size, and the stitching algorithm vary in these algorithms, which brings to novelty surge in multiple sequence alignment. When the need to align multiple sequences, where more than 2 sequences are aligned to find regions, came about, more researchers now had to look at the above algorithms to find regions of similarity quickly yet wanted alignment that made biological sense.

The popular multiple sequence alignment algorithms were ClustalW [52], MAFFT [53], Kalign [54], Probalign [55], MUSCLE [56], DIALIGN [57], PRANK [58], FSA [59], T – Coffee [60, 61], and Probcons [62]. Other approaches focused on Genetic and motifs algorithms [5]. Genetic algorithms got traction, while motifs-based algorithm was not successful [5].

3 NEXT GENERATION SEQUENCING

Next-generation sequencing (NGS) is a technique where powerful massive computer clusters are run to parallelly sequence millions of small segments of DNA. NGS enables researchers to study genomes amongst many sequence types systematically and make insights which in turn leading into disease understanding and drug discovery. In NGS, the entire genome or targeted segments are sequenced quickly [10]. As discussed in the previous section, researchers were prodding new algorithms ever since DNA sequence are discovered, for more insights [5]. Frederick Sanger in 1970s popularised a sequencing method using a 'plus and minus' method. It involved the usage of phix174 and chain-terminating inhibitors [11, 12]. There was Maxam-Gilbert which gained popularity for a brief period and quickly the method was abandoned. as this method was cumbersome and

involved the use of many chemicals [14]. Sanger method is still considered to be one of the classical methods and is still in use today.

NGS is used in two platforms Illumina/Solexa and Ion Torrent. Of these two, the Illumina/Solexa is a low cost and high yield method, which has propelled it to be the preferred platform today. The Ion Torrent, method is rather quick and produces longer read lengths than the Illumina [15], however due to the method being expensive, it is not used widely today [14, 15]. Other platforms like the Oxford Nanopore Technologies (ONT) and Pacific Biosciences (PacBio) are quite new and they too produce longer lengths, however, from the literature, the price to use is not yet clear [16]. Asia especially China has poured enormous amount of money in developing new platforms, one of method coming out of ASIA is Beijing Genomic Institutes BGISEQ, standing for Beijing Genomic Institute Sequencing. BGISEQ used a new nanotechnology to generate terabytes of sequenced data [63-65]. This method is also less expensive but produces longer length compared to Illumina. It is to be seen in the future if this method would be adopted widely as illumina/Solexa is today [64,66].

One of the fields that has immensely benefitted from NGS is microbiology and dentistry. NGS has played an important role in identifying oral microbiota in humans. These newly identified microorganisms which live in human oral cavity is thus enlarging the dentistry knowledge base to support good overall good health. Two methods are used to evaluate the kind of organisms present in the oral cavity using NGS is called 16 rRNA sequencing and the other shotgun sequencing [67]. 16 rRNA is present in all bacteria and therefore this knowledge can be used to know whether the bacteria are present in one's oral cavity or not [68]. Shotgun sequencing is used to gain knowledge on microbes' genome and resistance of genes to certain conditions [69]. Using these two methods, NGS can now classify different microbial genomes, this knowledge is now used for disease diagnosis, germ or bacterial resistance know-how and drug discovery.

NGS has overcome some of the limitations of PCR based sequencing, Sanger sequencing, and other micro array and SNP array methods, either through better sensitivity or better genomic coverage or both. This better sensitivity using NGS has through more light on some of the ambiguities in oral cancer classification. In other words, Sanger sequencing uses a minimum mutant percentage of about 25%, this is quite large, in fact, some cancer could now be diagnosed well below 25% of mutant allele [70,71]. The PCR method is quite limited to only few known sequences in detecting the tumours or oral cancer [72]. NGS expands this horizon as it can sequence the entire genome, targeted sequencing, RNA, and mRNA too [73]. Today, research has shown the tumour after biopsies are heterogenous in nature, this now presents a difficult proposition if PCR method is used, as it would not be able to detect the mutation (gene) less of 25%. NGS would otherwise be able to detect such kind of solid heterogenous tumours [74,75]. In this paper, we will review what are the genes which get modified in patients with smoking habits resulting in oral cancer using NGS technology. We do this by going through some 1800 plus papers who used NGS technology and what genes their research show cased, and we draw our conclusion from this exhaustive research.

4 RESEARCH METHODOLOGY

Our literature search was conducted according to PRISMA guidelines, where in all studies which employed NGS technology to study the impact of smoking and its direct correlation to oral cancer was studied [77-79]. We expanded the already existing study made by [76] to be broader and more exhaustive as the previous study conducted sample size was skewed towards records which did not have any NGS technology and only a 10% out of 1200 odd papers had any mention of Oral cancer and NGS simultaneously. We felt this was not exhaustive study and hence brought upon ourselves to expand appropriately to reflect the real picture of the NGS and Oral cancer correlation. We searched through freewheeling, along with Pubmed and Embase records and we want to emphasize that new expanded records all have NSG and Oral Cancer. As we searched, many duplicates, derived research papers were removed, then a consensus number were taken into the final pool was finalized.

5 METHOD

The Records were researched from Jan 2023 till September 2023 on PubMed, Embase, Researchgate and ScienceDirect and freewheeling. A total of 1921 records were researched, out of which any mention of NGS and oral cancer was 1505 records. The authenticity of the records was examined by 2 independent reviewers. Both primary and secondary data extraction, from the papers were done by both the researchers. There were approximately 200 records bring the combined examined papers to 2021 papers. 1: There were records on Basic Analysis of NSG, Smoking and Oral Cancer (n = 29), 2: records on Diagnosis based and Analysis (n = 1), 3: records on just model (n = 1), 4: records on NSG, Smoking and oral cancer (n = 33), 5: Records on NGS but no data (n = 3), 6: Records not on either NGS or Oral Cancer or Smoking or any combination of these 2 (n = 127), 7: Records on reviews (n = 52), 8: Record not on oral cancer (n = 1249).

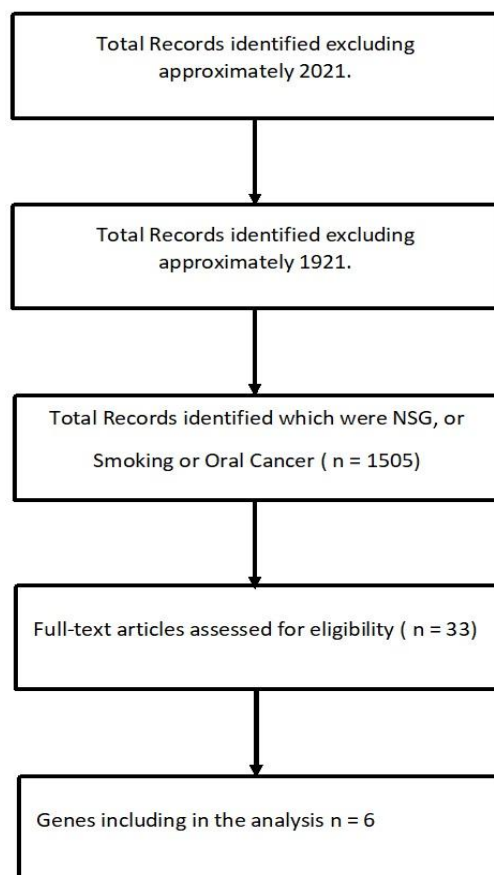


Fig. 1. Flow chart of workflow

Oral cancer or OSCC or oral or squamous cell carcinoma and next generation sequencing or NGS or Smoking or DNA sequencing and Genes was used in Embase and fields like ("oral") OR ("Carcinom") OR ("Oral Cancer") or ("Mouth Cancer") Or Its combinations OR ("carcinoma" [All Fields] AND "squamous" [All Fields] AND "cell" [All Fields]) OR "squamous cell carcinoma" [All Fields] OR ("squamous" [All Fields] AND "cell" [All Fields] AND "carcinoma" [All Fields])) AND ("mouth" [MeSH Terms] OR "mouth" [All Fields] OR AND "cavity" [All Fields])) OR (("carcinoma, squamous cell" [MeSH Terms] OR ("carcinoma" [All Fields] AND "squamous" [All Fields] AND "cell" [All Fields]) OR "squamous cell carcinoma" [All Fields] OR ("squamous" [All Fields] AND "carcinoma" [All Fields])) OR "tongue" [All Fields])) was used in pubmed and oral cancer, smoking on freewheeling [76].Records that utilized NGS, Smoking, and genes described in OC patients with smoking were 33 with genes considered majorly is 6. The entire workflow is shown in Figure 1.

6 RESULTS AND ANALYSIS

There were 33 included in this research, with full text with 34 genes found in OC patients who smoke (Figure 2 and Table S1). Of these there are 6 genes which were found in more than 4 records. These were 11p15.5 (HRAS), 17p13.1 (TP53), 9p21.3 (CDKN2A), 9q34.3 (NOTCH1), and 4q35.2 (FAT1) and 4q31.3 (FBXW7) and 9p24.1 (PD-L1) were found to be in 3 records and the rest of the genes were found to be 1 record. This is represented in the figure 2.

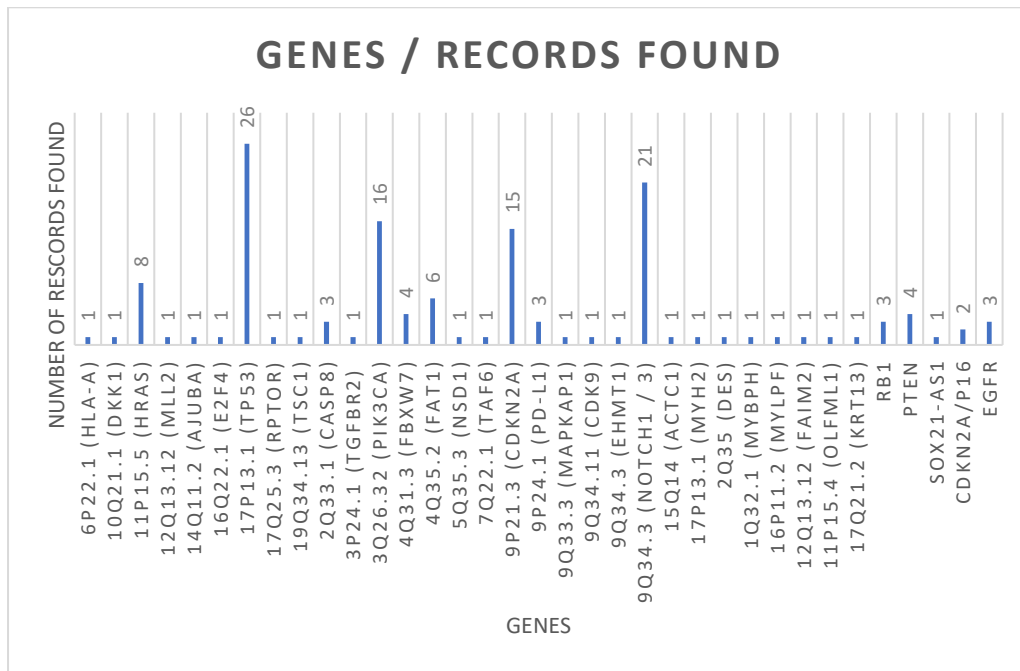


Fig. 2. Records examined vs genes found in record

From the literature, we can confidently say that smoking is directly correlated with oral cancer and the chances for OC diagnosis raises if the patient smoking frequency of smoking is high (chain smokers). It is also found out the smoking somehow is responsible for genome mutation, transcriptomic changes, some of these changes are found in some genes portion of the genome, which has catastrophic effect on the changes inside the cell (cell reaction and protein developed, and expressions). All these changes are quite complex and leads to the initiation of the oral cancer [118]. Tp53 is a gene responsible for cell health and its reproduction (growth) [118, 119]. Since it is a important gene in cell health, it also plays a pivotal role in suppressing any changes to the cell health, structure or multiplication [118, 119]. Alternation to this gene could be seen, as the cancer origination and spread of cancer [119]. From the literature, we can say with certain surety that mutations in the Tp53 gene were present in various human cancer [118]. However, when it comes to oral cancer, we have found from our research, that mutation in Tp53 were found in 78% of the 33 records, which is 16 in number [80 - 91]. This is quite an observation, we have found various authors [81 - 89, 91] and [118], believe and observe that this gene mutation is the primary initiator for the Oral Cancer proliferation. These authors [81 - 89, 91] also say that missense mutations are the most common. It is also observed that Tp53 is located near DNA binding are of the protein [81 - 89, 91] and it is associated with insufficient or poor prognosis [81 - 85]. Authors in [120] have noticed that there is common change or mutation is from G -> A or G -> T, and the authors observe that this mutation scenarios have more to do with smoking and consumption of tobacco in one form or the other. Authors in [121] have observed that such mutations have increases spread of OC, increased penetration, and increased resistance to drugs and eventually leading to death.

NOTCH1 is another gene mutated in OC associated with smoking. NOTCH1 is also a tumour suppressor gene very similar to TP53 and similarly to Tp53, any changes to this gene leads to initiation and multiplication of cancerous cells (tumour) [80 - 91]. From our research, we found out that, 63% of the records analysed or full text record had NOTCH1 gene mutated, which is a substantial percentage than the percentage found on other review [76]. We also found out from the records we looked at; all these studies were predominantly Asians (Including South - Asia). This tells us that NOTCH1 mutation is a likely event in all OC cancerous patients [118] in samples from Asia. Authors [118] evident that this observation is predominantly because of the lifestyle of population, with many consuming locally made cigarettes (Bedis in India, Secondary smoking (smoking from discarded cigarettes)) and alcohol consumption. In our research, we saw one NOTCH gene variation and this NOTCH variation was a study made in Europe, and we are now certain that this variation is also in other races but perhaps not in scale or volume found in Asian population. The mutation in NOTCH1 genes were found in different location all along the length of the exon [118, 119] and such mutations in all studies clearly point to decreased confidence in the survival of the patient [91].

The third gene which was found to be highly mutated in records was PIK3CA, this gene accounted for 48% which is quite less than the other 2 genes found above. The exon 20 is the common area mutated of PIK3CA [86-89] and this affected area has been seen to be associated with lower lip region of the patient [86]. Authors of [82] have observed that mutation in the

PIK3CA has a strong correlation with the later stage of OC, clearly showing that this mutation is clear signal that patient prognosis would be bad when this gene is mutated. Hence, a different targeted therapy to rectify this situation is highly recommended in the literature. Authors in [83] have observed that the activation of PI, suggest that Signalling pathway could be improved either by targeted treatment of other means. From the research, we conclude that a mutation of PIK3CA is a clear signal that OC is the later stage, prognosis could be hampered, a clear sign that alternative therapy should be looked and provided to the patient immediately, if not, then the patient is looking at grim and sad prognosis leading to fatality.

CDKN2A gene is associated with cell cycle inhibitor [122]. Authors have found that a downregulated expression of this gene in the life cycle of the cell correlates with OC and suggest that this gene could now be used a marker for OD diagnosis. In our research, we found 47% of the full text records to have this gene mutated with the OC occurrence and unlike the other genes, we could not correlate this gene mutation with any region of the world [123]. Most of the reported mutation in the records suggest that there is mutation from G -> T protein in the exon 2 and in position 322 of this exon, and this correlated with primary head and neck cancers along with oral cavity [124]. This gene mutation is also correlated with OC recurrence after the OC was partially cured in the patient, meaning, that the cell cycle inhibitor played an important role in recurrence of OC [125]. We also observed that majority of the tongue related OC had CDKN2A gene mutated. The prognosis was poor after this CDKN2A was mutated, leading the poor prognosis, indicating the current therapy must be stopped and alternative therapy be initiated to curb OC growth [126].

H-RAS gene is also an important regulate cell health, differentiation, migration, and apoptosis [80]. Mutation of this associated with occurrence of OC [80 - 91]. Incidentally, HRAS genes is quite less often seen in OC than other cancers [121 - 125], however, in neck and head and oral cancers, we observe that this gene is seen [80 - 91], [119 - 123, 125]. In our study we found H-RAS gene studies to be around 25%, this gene is also associated from the research to be more prevalent in patients who chew tobacco and areca nuts with alcohol consumption. From our study, we conclude that H-RAS gene to be indicator of OC in the later stage and an observation of this gene mutation correlated to patient living with poor condition, consumption of alcohol, smoking, tobacco chewing or areca nut chewing along with betel leaves.

FAT-1 gene role in cancer has been controversial in nature. FAT1 acts as a cancer suppression role especially in HNSC and oral cancers. The expression of this gene is mostly seen in patients with later stages of OC. In our study, we saw 18% of the records mentioning FAT1 gene [83]. We observed from the records, any mention of FAT1, was seen the stage 4 compared to other cancers [89 – 91]. Also, the samples included in the research records showed that OC was lip and oral cavity (Roof) than other regions in OC. FAT1 gene was also not associated with any world region or sample lifestyle. Prognosis was observed to be poor leading to fatality in 2 of the records.

7 CONCLUSION

In this study, we included 33 records with full article reads on OC, NGS and smoking correlation. We found some interesting observation, several of them, revealed that certain gene is mutated in some ethnicities than the rest, genes were mutated less than others in various regions. The correlation of certain gene mutation to lifestyle was also observed. The study has revealed that we need more research on OC to accurately diagnose and treat early-stage OC. This study was also on the NGS sequencing technique used to find OC with samples or records on smoking or areca nut consumption. This study revealed certain gene, most of the times, the first 2 genes mentioned in the study to be mutated as these are OC inhibitors. Smoking is a killer, and it is incumbent on all people in all regions around of the world to educate people on repercussions of tobacco addiction either through smoking or chewing.

APPENDIX

All data on the records is in the excel file ResearchTableWithTabs_S1S2S3.

CONFLICT OF INTEREST

The authors have no conflicts of interest in this research.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank their respective universities and families for their support.

REFERENCES

- [1] Reddy, Bharath Govinda. *Multiple Anchor Staged Local Sequence Alignment Algorithm-MASAA*. Diss. The University of Northern British Columbia, 2009.
- [2] Waqar Haque, Alex Aravind, and Bharath Reddy. 2009. Pairwise sequence alignment algorithms: a survey. In *Proceedings of the 2009 conference on Information Science, Technology and Applications (ISTA '09)*. ACM, New York, NY, USA, 96-103. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/1551950.1551980>.
- [3] Haque, W., Aravind, A., & Reddy, B. (2008, August). An efficient algorithm for local sequence alignment. In *2008 30th annual international conference of the IEEE engineering in medicine and biology society* (pp. 1367-1372). IEEE.
- [4] B. Reddy and R. Fields, «Multiple Anchor Staged Alignment Algorithm – Sensitive (MASAA – S),» *2020 3rd International Conference on Information and Computer Technologies (ICICT)*, San Jose, CA, USA, 2020, pp. 361-365, doi: 10.1109/ICICT50521.2020.00064.
- [5] Reddy, B., Fields, R. (2022). Multiple Sequence Alignment Algorithms in Bioinformatics. In: Zhang, YD., Senjyu, T., So-In, C., Joshi, A. (eds) *Smart Trends in Computing and Communications. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 286. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-4016-2_9.
- [6] Bharath Reddy and Richard Fields. 2022. From past to present: a comprehensive technical review of rule-based expert systems from 1980 -- 2021. In *Proceedings of the 2022 ACM Southeast Conference (ACM SE '22)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 167–172. <https://doi.org/10.1145/3476883.3520211>.
- [7] Reddy, B., & Fields, R. (2023). Maximum Match Subsequence Alignment Algorithm Finely Grained (MMSAA FG). *arXiv e-prints*, arXiv-2305.
- [8] Reddy, M. (2020). *BIOINFORMATICS & PAIRWISE SEQUENCE ALIGNMENT: Local and Global Sequence Alignment Algorithms*. Independently published.
- [9] Bharath Reddy and Richard Fields, «Techniques for Reader-Writer Lock Synchronization,» *International Journal of Electronics and Electrical Engineering*, Vol. 8, No. 4, pp. 63-73, December 2020. doi: 10.18178/ijeee.8.4.63-73.
- [10] Behjati, S.; Tarpey, P.S. What is next generation sequencing? Archives of disease in childhood. Education and practice edition. *BMJ J.* 2013, 98, 236–238.
- [11] Sanger, F.; Air, G.M.; Barrell, B.G.; Brown, N.L.; Coulson, A.R.; Fiddes, J.C.; Hutchison, C.A.; Slocombe, P.M., Smith, M.; Sanger, G.M.A.F. Nucleotide sequence of bacteriophage 'X174 DNA. *Nature* 1977, 265, 687–695.
- [12] Sanger, F.; Nicklen, S.; Coulson, A.R. DNA sequencing with chain-terminating inhibitors. *Proc. Natl. Acad.Sci. USA* 1977, 74, 5463–5467.
- [13] Maxam, A.M.; Gilbert, W. A new method for sequencing DNA. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 1977, 74, 560–564.
- [14] Hodzic, J.; Gurbeta, L.; Omanovic-Miklicanin, E.; Badnjevic, A. Overview of Next-generation Sequencing Platforms Used in Published Draft Plant Genomes in Light of Genotypization of Immortelle Plant (*Helichrysiumarenarium*). *Med. Arch.* 2017, 71, 288–292.
- [15] Liu, L.; Li, Y.; Li, S.; Hu, N.; He, Y.; Pong, R.; Lin, D.; Lu, L.; Law, M. Comparison of Next-Generation Sequencing Systems. *J. Biomed. Biotechnol.* 2012, 2012, 1–11.
- [16] Oxford Nanopore bests PacBio. *Nat. Biotechnol.* 2019, 37, 336.
- [17] Choi S, Myers JN. Molecular pathogenesis of oral squamous cell carcinoma: implications for therapy. *J Dent Res.* 2008; 87: 14–32.
- [18] Loomans-Kropp, H.A.; Umar, A. Cancer prevention and screening: The next step in the era of precision medicine. *NPJ Precis. Oncol.* 2019, 3, 3.
- [19] Price, C.P. Point of care testing. *BMJ* 2001, 322, 1285–1288.
- [20] Hamakawa H, Nakashiro K, Sumida T, et al. Basic evidence of molecular targeted therapy for oral cancer and salivary gland cancer. *Head Neck.* 2008; 30: 800–9.
- [21] Marsh D, Suchak K, Moutasim KA, et al. Stromal features are predictive of disease mortality in oral cancer patients. *J Pathol.* 2011; 223: 470–81.
- [22] de Araújo RF, Barboza Jr CA, Clebis NK, de Moura SA, Lopes Costa Ade L. Prognostic significance of the anatomical location and TNM clinical classification in oral squamous cell carcinoma. *Med Oral Pathol Oral Cir Bucal.* 2008; 13: E344–7.
- [23] Hill BT, Price LA. Lack of survival advantage in patients with advanced squamous cell carcinomas of the oral cavity receiving neoadjuvant chemotherapy prior to local therapy, despite achieving an initial high clinical complete remission rate. *Am J Clin Oncol.* 1994; 17: 1–5.
- [24] Zini A, Czerninski R, Sgan-Cohen HD. Oral cancer over four decades: epidemiology, trends, histology, and survival by anatomical sites. *J Oral Pathol Med.* 2010; 39: 299–305.

- [25] Digard, Helena, Proctor Christopher, Kulasekaran Anuradha, Malmqvist Ulf, and Richter Audrey. 2013. «Determination of Nicotine Absorption From Multiple Tobacco Products and Nicotine Gum.» *Nicotine & Tobacco Research* 15 (1): 255–61. <https://doi.org/10.1093/ntr/nts123>.
- [26] Ansari, Zaki Anwar, S. Nafees Bano, and M. Zulkifle. 2010. «Prevalence of Tobacco Use Among Power Loom Workers—A Cross Sectional Study.» *Indian Journal of Community Medicine* 35 (1): 34–39. <https://doi.org/10.4103/0970-0218.62551>.
- [27] Rassool, Hussein G. 2004. «Current Issues and Forthcoming Events.» *Journal of Advanced Nursing* 46 (3): 337–41. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2004.02995.x>.
- [28] WHO Tobacco Fact Sheet. 2020. <https://www.who.int/newsroom/fact-sheets/detail/tobacco>.
- [29] The Tobacco Connection. n.d. <https://oralcancerfoundation.org/understanding/tobacco/>.
- [30] Stransky, Nicolas, Ann M. Egloff, Aaron D. Tward, Aleksandar D. Kostic, Kristian Cibulskis, Andrey Sivachenko, and Gregory V. Kryukov, et al. 2011. «The Mutational Landscape of Head and Neck Squamous Cell Carcinoma.» *Science* 333 (6046): 1157–60. <https://doi.org/10.1126/science.1208130>.
- [31] Agrawal, Nishant, J. Frederick Mitchell, Curtis R. Pickering, Chetan Bettegowda, Kyle Chang, Ryan J. Li, Carole Fakhry, et al. 2011. «Exome Sequencing of Head and Neck Squamous Cell Carcinoma Reveals Inactivating Mutations in NOTCH1.» *Science* 333 (6046): 1154–57. <https://doi.org/10.1126/science.1206923>.
- [32] Pickering, Curtis R., Jiexin Zhang, David M. Neskey, Mei Zhao, Samar A. Jasser, Jiping Wang, Alexandra Ward, et al. 2014. «Squamous Cell Carcinoma of the Oral Tongue in Young Non Smokers Is Genomically Similar to Tumors in Older Smokers.» *Clinical Cancer Research* 20 (14): 3842–48. <https://doi.org/10.1158/1078-0432.CCR-14-0565>.
- [33] Upadhyay, Pawan, Nair Sudhir, Kaur Ekjot, Aich Jyotirmoi, Dani Prachi, Gardi Nilesh, and Sethunath Vidyalakshmi, et al. 2016. «Notch Pathway Activation Is Essential for Maintenance of Stem-Like Cells in Early Tongue Cancer.» *Oncotarget* 7 (31): 50437–49. <https://doi.org/10.18632/oncotarget.10419>.
- [34] How Tobacco Smoke Causes Disease. 2010. The Biology and Behavioural Basis for Smoking-Attributable Disease: A Report of the Surgeon General. Centres for Disease Control and Prevention (US).
- [35] Nagaraj, Nagathihalli S., Simone Beckers, John K. Mensah, Sabine Waigel, Nadarajah Vigneswaran, and Wolfgang Zacharias. 2006. «Cigarette Smoke Condensate Induces Cytochromes P450 and Aldo-Keto Reductases in Oral Cancer Cells.» *Toxicology Letters* 165 (2): 182–94. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2006.03.008>.
- [36] Mahadevan, Brinda, Keshava Channa, Musafia Jeknic Tamara, Pecaj Arta, Weston Ainsley, and Baird William M. 2005. «Altered Gene Expression Patterns in MCF 7 Cells Induced by the Urban Dust Particulate Complex Mixture Standard Reference Material 1649a.» *Cancer Research* 65 (4): 1251–58. <https://doi.org/10.1158/0008-5472.CAN-04-2357>.
- [37] Smith, T.F. and Waterman, M.S. 1981. Identification of common molecular subsequences. *J. Mol. Biol.* 147: 195–197.
- [38] D. Lipman and W. Pearson. Rapid and sensitive protein similarity searches. *Science*, 227: 1435, 1441, 1985.
- [39] Altschul, S.F., Gish, W., Miller, W., Myers, E. W., and Lipman, D. J. 1990. Basic local alignment search tool. *J. Mol. Biol.* 215: 403–410.
- [40] S. F. Altschul, T. L. Madden, A. A. Schaer, J. Zhang, Z. Zhang, W. Miller, and D. J. Lipman. Gapped BLAST and PSI-BLAST: a new generation of protein database search programs. *Nucleic Acids Research*, 25 (17): 3389, 3392, 1997.
- [41] Schwartz, S., Zhang, Z., Frazer, K.A., Smit, A., Riemer, C., Bouck, J., Gibbs, R., Hardison, R., and Miller, W. 2000. PipMaker—A web server for aligning two genomic DNA sequences. *Genome Res.* 10: 577–586.
- [42] Ma, B., J. Tromp, and M. Li (2002). Patternhunter: Faster and more sensitive homology search. *Bioinformatics* 18, 440–445.
- [43] Laurent No and Gregory Kucherov. YASS: enhancing the sensitivity of DNA similarity search. *Nucleic Acids Res*, 2005.
- [44] Hauswedell, H., Singer, J. & Reinert, K. Lambda: the local aligner for massive biological data. *Bioinformatics* 30, i349–i355 (2014).
- [45] Edgar (2010) Edgar RC. Search and clustering orders of magnitude faster than BLAST. *Bioinformatics*. 2010; 26 (19): 2460–2461. doi: 10.1093/bioinformatics/btq461.
- [46] Adaptive seeds tame genomic sequence comparison. Kielbasa SM, Wan R, Sato K, Horton P, Frith MC. *Genome Res.* 2011 21 (3): 487–93.
- [47] Wachtel. E. All ALL Local Alignment. <http://www.allalign.com/>.
- [48] Needleman, S.B. and Wunsch, C.D. 1970. A general method applicable to the search for similarities in the amino acid sequence of two proteins. *J. Mol. Biol.* 48: 443–453.
- [49] Delcher A.L., Kasif S., Fleischmann R.D., Peterson J., White O., and Salzberg S.L. 1999. Alignment of whole genomes. *Nucleic Acids Res.* 27: 2369–2376.
- [50] Kent, J. and Zahler, M. 2000. The Intronerator: Exploring introns and alternative splicing in *C. elegans* genomic alignment. *Genome Res.* 10: 1115–1125.
- [51] Bray Nick, Dubchak Inna and Pachter Lior, Avid: A global alignment program, *Genome Research*. 2003 13: 97–102; 2002.

- [52] J. D. Thompson, D. G. Higgins, and T. J. Gibson, «CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice,» *Nucleic Acids Research*, vol. 22, no.22, pp.4673–4680,1994.
- [53] K. Katoh and D. M. Standley, «MAFFT multiple sequence alignment software version 7: improvements in performance and usability,» *Molecular Biology and Evolution*, vol. 30, no. 4, pp.772–780,2013.
- [54] T. Lassmann and E. L. L. Sonnhammer, «Kalign—an accurate and fast multiple sequence alignment algorithm,» *BMC Bioinformatics*, vol.6, article298,2005.
- [55] U. Roshan and D. R. Livesay, «Probalign: multiple sequence alignment using partition function posterior probabilities,» *Bioinformatics*, vol.22, no.22, pp.2715–2721,2006.
- [56] R.C.Edgar, «MUSCLE: a multiple sequence alignment method with reduced time and space complexity,» *BMCBioinformatics*, vol.5, article113,2004.
- [57] B. Morgenstern, «DIALIGN: multiple DNA and protein sequence alignment at BiBiServ,» *Nucleic Acids Research*, vol.32, supplement2, pp. W33–W36,2004.
- [58] A. L'oytynoja and N. Goldman, «Phylogeny-aware gap placement prevents errors in sequence alignment and evolutionary analysis,» *Science*, vol.320, no.5883, pp.1632–1635,2008.
- [59] R. K. Bradley, A. Roberts, M. Smoot et al., «Fast statistical alignment,» *PLoS Computational Biology*, vol. 5, no. 5, Article IDe1000392,2009.
- [60] P. Di Tommaso, S. Moretti, I. Xenarios et al., «T-Coffee: a webserver for the multiple sequence alignment of protein and RNA sequences using structural information and homology extension,» *Nucleic Acids Research*, vol. 39, supplement 2, pp. W13–W17,2011.
- [61] C. Notredame, D.G. Higgins, and J. Heringa, «T-coffee: a novel method for fast and accurate multiple sequence alignment,» *JournalofMolecularBiology*, vol.302, no.1, pp.205–217,2000.
- [62] C.B.Do, M.S.P. Mahabhashyam, M. Brudno, and S. Batzoglou, «ProbCons: probabilistic consistency-based multiple sequence alignment,» *GenomeResearch*, vol.15, no.2, pp.330–340,2005.
- [63] Li, Q.; Xia, Z.; Zhang, W.; Wang, L.; Wang, J.; Xu, D.; Mei, Z.; Liu, Q.; Du, S.; Li, Z.; et al. Reliable multiplex sequencing with rare index mis-assignment on DNB-based NGS platform. *BMC Genom.* 2019, 20, 215.
- [64] Zhu, F.-Y.; Chen, M.-X.; Ye, N.-H.; Qiao, W.-M.; Gao, B.; Law, W.-K.; Tian, Y.; Zhang, N.; Zhang, D.; Liu, T.-Y.; et al. Comparative performance of the BGISEQ-500 and Illumina HiSeq4000 sequencing platforms for transcriptome analysis in plants. *Plant Methods* 2018, 14, 69.
- [65] Huang, J.; Liang, X.; Xuan, Y.; Geng, C.; Li, Y.; Lu, H.; Qu, S.; Mei, X.; Chen, H.; Yu, T.; et al. A reference human genome dataset of the BGISEQ-500 sequencer. *GigaScience* 2017, 6, 1–9.
- [66] Mak, S.S.T.; Gopalakrishnan, S.; Carøe, C.; Geng, C.; Liu, S.; Sinding, M.H.S.; Kuderna, L.; Zhang, W.; Fu, S.; Vieira, F.G.; et al. Comparative performance of the BGISEQ-500 vs Illumina HiSeq2500 sequencing platforms for palaeogenomic sequencing. *GigaScience* 2017, 6, 1–13.
- [67] Zaura, E. Next-generation Sequencing Approaches to Understanding the Oral Microbiome. *Adv. Dent. Res.* 2012, 24, 81–85.
- [68] Kilian, M.; Chapple, I.L.C.; Hannig, M.; Marsh, P.D.; Meuric, V.; Pedersen, A.M.L.; Tonetti, N.S.; Wade, W.G.; Zaura, E. The oral microbiome—An update for oral healthcare professionals. *Br. Dent. J.* 2016, 221, 657–666.
- [69] Deurenberg, R.H.; Bathoorn, E.; Chlebowicz, M.A.; Couto, N.; Ferdous, M.; García-Cobos, S.; Kooistra-Smid, A.M.; Raangs, E.C.; Rosema, S.; Veloo, A.C.; et al. Application of next generation sequencing in clinical microbiology and infection prevention. *J. Biotechnol.* 2017, 243, 16–24.
- [70] Zhao, Y. A comparative study of ddPCR and sanger sequencing for quantitative detection of low-frequency mutation rate. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 2019, 332, 032023.
- [71] Lin, M.-T.; Mosier, S.L.; Thiess, M.; Beierl, K.F.; Debeljak, M.; Tseng, L.-H.; Chen, G.; Yegnasubramanian, S.; Ho, H.; Cope, L.; et al. Clinical Validation of KRAS, BRAF, and EGFR Mutation Detection Using Next-Generation Sequencing. *Am. J. Clin. Pathol.* 2014, 141, 856–866.
- [72] Smith, C.J.; Osborn, A.M. Advantages, and limitations of quantitative PCR (Q-PCR) -based approaches in microbial ecology. *FEMS Microbiol. Ecol.* 2009, 67, 6–20.
- [73] Azim, F.S.; Hour, H.; Ghalavand, Z.; Nikmanesh, B. Next Generation Sequencing in Clinical Oncology: Applications, Challenges and Promises: A Review Article. *Iran. J. Public Health* 2018, 47, 1453–1457.
- [74] Gabusi, A.; Gissi, D.B.; Tarsitano, A.; Asioli, S.; Marchetti, C.; Montebugnoli, L.; Foschini, M.P.; Morandi, L. Intratumoral Heterogeneity in Recurrent Metastatic Squamous Cell Carcinoma of the Oral Cavity: New Perspectives A orded by Multiregion DNA Sequencing and mtDNA Analysis. *J. Oral Maxillofac. Surg.* 2020,77, 440–455.
- [75] Gabusi, A.; Gissi, D.B.; Montebugnoli, L.; Asioli, S.; Tarsitano, A.; Marchetti, C.; Balbi, T.; Helliwell, T.R.; Foschini, M.P.; Morandi, L. Prognostic impact of intra-field heterogeneity in oral squamous cell carcinoma. *Virchows Arch.* 2019, 476, 585–595.

- [76] Sharma, Vishwas & Kumar, Dinesh & Kumar, Shravan & Singh, Harpreet & Sharma, Naveen & Gupta, Sanjay. (2022). Impact of tobacco smoking on oral cancer genetics—A next-generation sequencing perspective. *iMeta*. 1. 10.1002/imt2.44.
- [77] Liberati, Alessandro, Douglas G. Altman, Jennifer Tetzlaff, Cynthia Mulrow, Peter C. Gøtzsche, John P. A. Ioannidis, Mike Clarke, et al. 2009. «The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analyses of Studies That Evaluate Health Care Interventions: Explanation and Elaboration.» *Journal of Clinical Epidemiology* 62 (10): e1–34. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2009.06.006>
- [78] Gao, Haihe, Lisha Li, Mang Xiao, Yongwei Guo, Yi Shen, Lixin Cheng, and Ming Tang. 2018. «Elevated DKK1 Expression Is an Independent Unfavorable Prognostic Indicator of Survival in Head and Neck Squamous Cell Carcinoma.» *Cancer Management and Research* 10: 5083–89. <https://doi.org/10.2147/CMAR.S177043>.
- [79] Zain, Rosnah B., L. P. Karen, Sok Ching Cheong, Arif Anwar, wan mahadzir Mustaffa, N. Prepagaran, Zuraiza Mohamad Zaini, et al. 2011. «Effects of Smoking on Oral Cancer Transcriptome.» *Oral Oncology* 47: S48. <https://doi.org/10.1016/j.oraloncology.2011.06.169>
- [80] Song, X.; Xia, R.; Li, J.; Long, Z.; Ren, H.; Chen, W.; Mao, L. Common and complex Notch1 mutations in Chinese oral squamous cell carcinoma. *Clin. Cancer Res.* 2014, 20, 701–710.
- [81] Nakagaki, T.; Tamura, M.; Kobashi, K.; Omori, A.; Koyama, R.; Idogawa, M.; Ogi, K.; Hiratsuka, H.; Tokino, T.; Sasaki, Y. Targeted next-generation sequencing of 50 cancer-related genes in Japanese patients with oral squamous cell carcinoma. *Tumor Boil.* 2018, 40.
- [82] Nakagaki, T.; Tamura, M.; Kobashi, K.; Koyama, R.; Fukushima, H.; Ohashi, T.; Idogawa, M.; Ogi, K.; Hiratsuka, H.; Tokino, T.; et al. Profiling cancer-related gene mutations in oral squamous cell carcinoma from Japanese patients by targeted amplicon sequencing. *Oncotarget* 2017, 8, 59113–59122.
- [83] Jayaprakash, C.; Varghese, V.K.; Jayaram, P.; Chakrabarty, S.; Kudva, A.; Ray, S.; Satyamoorthy, K. Relevance and actionable mutational spectrum in oral squamous cell carcinoma. *J. Oral Pathol. Med.* 2020, 49, 427–434.
- [84] Ma, J.; Fu, Y.; Tu, Y.-Y.; Liu, Y.; Tan, Y.-R.; Ju, W.-T.; Pickering, C.R.; Myers, J.N.; Zhang, Z.-Y.; Zhong, L.-P. Mutation allele frequency threshold does not affect prognostic analysis using next-generation sequencing in oral squamous cell carcinoma. *BMC Cancer* 2018, 18, 758.
- [85] Er, T.K.; Wang, Y.-Y.; Chen, C.-C.; Herreros-Villanueva, M.; Liu, T.-C.; Yuan, S.-S.F. Molecular characterization of oral squamous cell carcinoma using targeted next-generation sequencing. *Oral Dis.* 2015, 21, 872–878.
- [86] Batta, N.; Pandey, M. Mutational spectrum of tobacco associated oral squamous carcinoma and its therapeutic significance. *World J. Surg. Oncol.* 2019, 17, 1–12.
- [87] Chen, T.-W.; Lee, C.-C.; Liu, H.; Wu, C.-S.; Pickering, C.R.; Huang, P.-J.; Wang, J.; Chang, I.Y.-F.; Yeh, Y.-M.; Chen, C.-D.; et al. APOBEC3A is an oral cancer prognostic biomarker in Taiwanese carriers of an APOBEC deletion polymorphism. *Nat. Commun.* 2017, 8, 465.
- [88] Oikawa, Y.; Morita, K.-I.; Kayamori, K.; Tanimoto, K.; Sakamoto, K.; Katoh, H.; Ishikawa, S.; Inazawa, J.; Harada, H. Receptor tyrosine kinase amplification is predictive of distant metastasis in patients with oral squamous cell carcinoma. *Cancer Sci.* 2017, 108, 256–266.
- [89] Van Ginkel, J.H.; De Leng, W.W.; De Bree, R.; Van Es, R.J.; Willems, S.M. Targeted sequencing reveals TP53 as a potential diagnostic biomarker in the post-treatment surveillance of head and neck cancer. *Oncotarget* 2016, 7, 61575–61586.
- [90] Tabatabaeifar, S.; Larsen, M.J.; Larsen, S.R.; Kruse, T.A.; Thomassen, M.; Sørensen, J.A. Investigating a case of possible field cancerization in oral squamous cell carcinoma by the use of next-generation sequencing. *Oral Oncol.* 2017, 68, 74–80.
- [91] Chen, S.-J.; Liu, H.; Liao, C.-T.; Huang, P.-J.; Huang, Y.; Hsu, A.; Tang, P.; Chang, Y.-S.; Chen, H.-C.; Yen, T.-C. Ultra-deep targeted sequencing of advanced oral squamous cell carcinoma identifies a mutation-based prognostic gene signature. *Oncotarget* 2015, 6, 18066–18080.
- [92] Zammit, Andrew P., Rohit Sinha, Caroline L. Cooper, Christopher F. L. Perry, Ian H. Frazer, and Zewen K. Tuong. 2018. «Examining the Contribution of Smoking and HPV Towards the Etiology of Oral Cavity Squamous Cell Carcinoma Using High-Throughput Sequencing: A Prospective Observational Study.» *PLoS One* 13 (10): e0205406. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205406>.
- [93] Gao, Haihe, Lisha Li, Mang Xiao, Yongwei Guo, Yi Shen Lixin Cheng, and Ming Tang. 2018. «Elevated DKK1 Expression Is an Independent Unfavorable Prognostic Indicator of Survival in Head and Neck Squamous Cell Carcinoma.» *Cancer Management and Research* 10: 5083–89. <https://doi.org/10.2147/CMAR.S177043>.
- [94] Hanna, Glenn J., Sook-Bin Woo, Y. Y. Li, Justine A. Barletta, Peter S. Hammerman, and Jochen H. Lorch. 2018. «Tumor PD-L1 Expression Is Associated with Improved Survival and Lower Recurrence Risk in Young Women with Oral Cavity Squamous Cell Carcinoma.» *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 47 (5): 568–77. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2017.09.006>

- [95] Izumchenko, E.; Sun, K.; Jones, S.; Brait, M.; Agrawal, N.; Koch, W.; Mccord, C.L.; Riley, D.R.; Angiuoli, S.; Velculescu, V.E.; et al. Notch1 mutations are drivers of oral tumorigenesis. *Cancer Prev. Res.* 2014, 8, 277–286.
- [96] Yang, CM., Wang, TH., Chen, HC. *et al.* Aberrant DNA hypermethylation-silenced SOX21-AS1 gene expression and its clinical importance in oral cancer. *Clin Epigenet* 8, 129 (2016). <https://doi.org/10.1186/s13148-016-0291-5>.
- [97] Swati Shree Padhi, Souvick Roy, Madhabananda Kar, Arka Saha, Shomereeta Roy, Amit Adhya, Manas Baisakh, Birendranath Banerjee, Role of CDKN2A/p16 expression in the prognostication of oral squamous cell carcinoma, *Oral Oncology*, Volume 73, 2017, Pages 27-35, ISSN 1368-8375, <https://doi.org/10.1016/j.oraloncology.2017.07.030>.
- [98] Evgeny Izumchenko, Kai Sun, Sian Jones, Mariana Brait, Nishant Agrawal, Wayne Koch, Christine L. McCord, David R. Riley, Samuel V. Angiuoli, Victor E. Velculescu, Wei-Wen Jiang, David Sidransky; Notch1 Mutations Are Drivers of Oral Tumorigenesis. *Cancer Prev Res (Phila)* 1 April 2015; 8 (4): 277–286. <https://doi.org/10.1158/1940-6207.CAPR-14-0257>.
- [99] Maria Schwaederle, Ranajoy Chattopadhyay, Shumei Kato, Paul T. Fanta, Kimberly C. Banks, In Sil Choi, David E. Piccioni, Sadakatsu Ikeda, AmirAli Talasaz, Richard B. Lanman, Lyudmila Bazhenova, Razelle Kurzrock; Genomic Alterations in Circulating Tumor DNA from Diverse Cancer Patients Identified by Next-Generation Sequencing. *Cancer Res* 1 October 2017; 77 (19): 5419–5427. <https://doi.org/10.1158/0008-5472.CAN-17-0885>.
- [100] Park, Ha Young, Joong Seob Lee, Jee Hye Wee, Jeong Wook Kang, Eun Soo Kim, Taeryool Koo, Hee Sung Hwang, Hyo Jung Kim, Ho Suk Kang, Hyun Lim, and et al. 2023. «Assessment of the Mutation Profile of Tonsillar Squamous Cell Carcinomas Using Targeted Next-Generation Sequencing» *Biomedicines* 11, no. 3: 851. <https://doi.org/10.3390/biomedicines11030851>.
- [101] Haque, M.M., Kowtal, P. & Sarin, R. Identification, and characterization of TP53 gene Allele Dropout in Li-Fraumeni syndrome and Oral cancer cohorts. *Sci Rep* 8, 11705 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-30238-7>.
- [102] Kenya Kobayashi, Seiichi Yoshimoto, Mizuo Ando, Fumihiko Matsumoto, Naoya Murakami, Go Omura, Yoshitaka Honma, Yoshifumi Matsumoto, Atsuo Ikeda, Azusa Sakai, Kohtaro Eguchi, Akiko Ito, Eigitsu Ryo, Yasushi Yatabe, Taisuke Mori, Full-coverage TP53 deep sequencing of recurrent head and neck squamous cell carcinoma facilitates prognostic assessment after recurrence, *Oral Oncology*, Volume 113, 2021, 105091, ISSN 1368-8375 <https://doi.org/10.1016/j.oraloncology.2020.105091>.
- [103] Sundaresan, S., & Selvaraj, L. (2023). Role of NGS in Oral Squamous Cell Carcinoma. *IntechOpen*. doi: 10.5772/intechopen.108179.
- [104] Samman, M., Wood, H.M., Conway, C., Stead, L., Daly, C., Chalkley, R., Berri, S., Senguen, B., Ross, L., Egan, P., Chengot, P., Ong, T.K., Pentenero, M., Gandolfo, S., Cassenti, A., Cassoni, P., Al Ajlan, A., Samkari, A., Barrett, W., MacLennan, K., High, A. and Rabbitts, P. (2015), A novel genomic signature reclassifies an oral cancer subtype. *Int. J. Cancer*, 137: 2364–2373. <https://doi.org/10.1002/ijc.29615>.
- [105] Lin, Li-Han, Cheng, Hui-Wen, and Liu, Chung-Ji. ‘Droplet Digital Polymerase Chain Reaction for Detection and Quantification of Cell-free DNA TP53 Target Somatic Mutations in Oral Cancer’. 1 Jan. 2022: 29 – 41.
- [106] Santos, JN, Sousa Neto, ES, França, JA, et al. Next generation sequencing of oncogenes and tumor suppressor genes in odontogenic myxomas. *J Oral Pathol Med.* 2017; 46: 1036–1039. <https://doi.org/10.1111/jop.12598>.
- [107] A. Moreira, A. Poulet, J. Masliah-Planchon, C. Lecerf, S. Vacher, L. Larbi Chérif, C. Dupain, G. Marret, E. Girard, L. Syx, C. Hoffmann, E. Jeannot, J. Klijanienko, I. Guillou, O. Mariani, A. Dubray-Vautrin, N. Badois, M. Lesnik, O. Choussy, V. Calugaru, E. Borcoman, S. Baulande, P. Legoix, B. Albaud, N. Servant, I. Bieche, C. Le Tourneau, M. Kamal, Prognostic value of tumor mutational burden in patients with oral cavity squamous cell carcinoma treated with upfront surgery, *ESMO Open*, Volume 6, Issue 4, 2021, 100178, ISSN 2059-7029, <https://doi.org/10.1016/j.esmoop.2021.100178>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2059702921001381>).
- [108] Yi, Y., Tian, Z., Ju, H., Ren, G., & Hu, J. (2017). A novel NOTCH3 mutation identified in patients with oral cancer by whole exome sequencing. *International Journal of Molecular Medicine*, 39, 1541-1547. <https://doi.org/10.3892/ijmm.2017.2965>.
- [109] Tabatabaeifar, S., Kruse, T. A., Thomassen, M., Larsen, M. J., & Sørensen, J. A. (2015). *Use of next generation sequencing in oral cavity cancer: intra tumour heterogeneity and metastasis*. Abstract from DSPR Forårsmøde 2015, København, Denmark. <http://dspr.dk/Content/uploads/65c8d146-195b-425e-b597-b0c2c35d1ebc.pdf>
- [110] Chung Ji Liu, Shu-Chun Lin, Li-Han Lin; Abstract 1234: Somatic mutations of FAT1 in oral cancer are associated with tumor progression and survival. *Cancer Res* 1 July 2018; 78 (13_Supplement): 1234. <https://doi.org/10.1158/1538-7445.AM2018-1234>.
- [111] Hyodo, T., Kuribayashi, N., Fukumoto, C. *et al.* The mutational spectrum in whole exon of p53 in oral squamous cell carcinoma and its clinical implications. *Sci Rep* 12, 21695 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-25744-8>.
- [112] Zammit, Andrew. «Aetiology of Oral Cavity Squamous Cell Carcinoma An Exploration utilising Next Generation Sequencing.» (2017).

- [113] Leon J. Wils, Jos B. Poell, Arjen Brink, Ilkay Evren, Elisabeth R. Brouns, Jan G.A.M. de Visscher, Elisabeth Bloemena, Ruud H. Brakenhoff; Elucidating the Genetic Landscape of Oral Leukoplakia to Predict Malignant Transformation. *Clin Cancer Res* 1 February 2023; 29 (3): 602–613. <https://doi.org/10.1158/1078-0432.CCR-22-2210>.
- [114] Avaniyapuram Kannan Murugan, Arasambattu Kannan Munirajan, Nobuo Tsuchida, Genetic deregulation of the PIK3CA oncogene in oral cancer, *Cancer Letters*, Volume 338, Issue 2, 2013, Pages 193-203, ISSN 0304-3835, <https://doi.org/10.1016/j.canlet.2013.04.005>.
- [115] Keisuke Sawada, Shuji Momose, Ryutaro Kawano, Masakazu Kohda, Tarou Irié, Kenji Mishima, Takahiro Kaneko, Norio Horie, Yasushi Okazaki, Morihiro Higashi, Jun-ichi Tamaru, Immunohistochemical staining patterns of p53 predict the mutational status of TP53 in oral epithelial dysplasia, *Modern Pathology*, Volume 35, Issue 2, 2022, Pages 177-185, ISSN 0893-3952, <https://doi.org/10.1038/s41379-021-00893-9>.
- [116] Sehui Kim, Chung Lee, Hyangmi Kim, Sun Och Yoon, Genetic characteristics of advanced oral tongue squamous cell carcinoma in young patients, *Oral Oncology*, Volume 144, 2023, 106466, ISSN 1368-8375, <https://doi.org/10.1016/j.oraloncology.2023.106466>.
- [117] Morse, Douglas E., Walter J. Psoter, Deborah Cleveland, Donald Cohen, Mireseyed Mohit-Tabatabai, Diane L. Kosis, and Ellen Eisenberg. 2007. «Smoking and Drinking in Relation to Oral Cancer and Oral Epithelial Dysplasia.» *Cancer Causes & Control* 18 (9): 919–29. <https://doi.org/10.1007/s10552-007-9026-4>.
- [118] Tannock, I.F.; Hill, R.P.; Carey, R.W. The Basic Science of Oncology. *Plast. Reconstr. Surg.* 1989, 83, 920.
- [119] Levine, Arnold J., A. Finlay Cathy, and W. Hinds Philip. 2004. «P53 Is a Tumor Suppressor Gene.» *Cell* 116 (2 Suppl): S67–S69. [https://doi.org/10.1016/s0092-8674\(04\)00036-4](https://doi.org/10.1016/s0092-8674(04)00036-4).
- [120] Singh, Ragini D., R. Patel Kinjal, and S. Patel Prabhudas. 2016. «p53 Mutation Spectrum and Its Role in Prognosis of Oral Cancer Patients: A Study From Gujarat, West India.» *Mutation Research* 783 (January): 15–26. <https://doi.org/10.1016/j.mrfmmm.2015.12.001>
- [121] Ragos, Vasileios, S. Mastronikolis Nicholas, Evangelos Tsiambas, Evangelia Baliou, Stylianos N. Mastronikolis, Nikolaos Tsoukalas, Eugenia E. Patsouri, and Panagiotis P. Fotiades. 2018 «P53 Mutations in Oral Cavity Carcinoma.» *Journal of B.U.ON*.
- [122] Foulkes, William D., Tamar Y. Flanders, Pamela M. Pollock, and Nicholas K. Hayward. 1997. «The CDKN2A (P16) Gene and Human Cancer.» *Molecular Medicine (Cambridge, Mass)* 3 (1): 5–20. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9132280>.
- [123] Roshan, V. G. Deepak, M. S. Sinto, Bipin T. Vargees, and S. Kannan. «Loss of CDKN2A and CDKN2B Expression Is Associated With Disease Recurrence in Oral Cancer.» *Journal of Oral and Maxillofacial Pathology: JOMFP* 23 (1): 82–89. https://doi.org/10.4103/jomfp.JOMFP_184_18.
- [124] Riese, U., R. Dahse, W. Fiedler, C. Theuer, S. Koscielny, G. Ernst, E. Beleites, U. Claussen, and F. von Eggeling. 1999. «Tumor Suppressor Gene P16 (CDKN2A) Mutation Status and Promoter Inactivation in Head and Neck Cancer.» *International Journal of Molecular Medicine* 4 (1): 61–65. <https://doi.org/10.3892/ijmm.4.1.61>.
- [125] Andrew P. Read, Susan Holland, Stephan Porter, et al. 1999. «DNA Studies Underestimate the Major Role of CDKN2A Inactivation in Oral and Oropharyngeal Squamous Cell Carcinomas.» *Genes, Chromosomes & Cancer* 25 (1): 16–25. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10221335>.
- [126] Lim, Annette M., Hongdo Do, Richard J. Young, Stephen Q. Wong, Christopher Angel, Marnie Collins, Elena A. Takano, et al. 2014. «Differential Mechanisms of CDKN2A (P16) Alteration in Oral Tongue Squamous Cell Carcinomas and Correlation With Patient Outcome.» *International Journal of Cancer* 135 (4): 887–95. <https://doi.org/10.1002/ijc.28727>.

AUTHORS



Mr Nguyen received his masters of Information Technology from Thuongmai University, Vietnam. His research interest is in computational biology and software engineering.



Dr. Deepak T.A is professor and head of the department of Oral medicine and Radiology at V. Dental College and Hospital.

He has been a full tenured professor for 10 years and his research areas are in oral medicine and oral cancer. Lately, he is exploring and developing computational tools to detect oral cancer.



Suchindra is an Engineering from Bangalore University. He is currently pursuing neuroscience and genome research at National Institute of Mental Health and Neurosciences. His research areas are Brain haemorrhages, Autism and Genome research. He has been active researcher for 10 years. He is working for Karnataka State Govt.



Dr. Avinash is a professor and head of the department of Oral Medicine and Radiology at the Kameneni insititure of Dental Science.

He has been a full tenured professor for 7 seven years and focus most of his research on oral medicine and oral cancer.

Les principales représentations initiales-obstacles en cinématique chez les élèves de 4^{ème} scientifique à Inkisi et à Kimpese en RD-Congo

[The main initial representational obstacles in kinematics among fourth-year scientific students in Inkisi and Kimpese in Democratic Republic of Congo]

BAZANGIKA MUSUNDA Wa SADI Rama¹, MBUNDU NDOKI Tadé-Étienne¹, NGOIE MPOY Ruffin-Benoît², and KINYOKA KABALUMUNA God'El³

¹Département de Physique et des Sciences Appliquées, Section des Sciences et Technologies, Institut Supérieur Pédagogique de Mbanza-Ngungu, Mbanza-Ngungu, Kongo Central, RD Congo

²Département de Mathématique, Section des Sciences et Technologies, Institut Supérieur Pédagogique de Mbanza-Ngungu, Mbanza-Ngungu, Kongo Central, RD Congo

³Département de Physique et des Sciences Appliquées, Faculté des Sciences, Université Pédagogique Nationale, Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In this study, based on a sociogenetic approach involving 7 teachers and 182 fourth-year scientific students from 21 schools offering the scientific section in Inkisi and Kimpese, two cities in the Kongo Central province of the Democratic Republic of Congo, the central question focused on identifying the main initial representational obstacles in kinematics among these students and their origins. As a result, it was noted that most teachers were unaware of these initial representations. In addition, the students had primitive, negative and collective conceptions, stemming from educational and cultural contexts, relating to the basic notions of kinematics such as motion (moving), time (duration), trajectory (distance), speed (rapidity), rectilinear motion (movement on a flat surface), uniform motion (fixed), varied motion (accelerated) and free fall (falling suddenly and involuntarily). There is thus a persistent and evolving contradiction between these initial representations-obstacles and the new knowledges that teachers have to transmit.

KEYWORDS: kinematics, obstacle, initial representation, scientific, sociogenetics.

RESUME: Au cours de cette recherche, basée sur l'approche sociogénétique auprès de 7 enseignants et 182 élèves de la quatrième scientifique de 21 écoles organisant la section scientifique à Inkisi et Kimpese, deux villes de la province du Kongo Central en RD-Congo, la question centrale portait sur l'identification des principales représentations initiales-obstacles en cinématique chez ces élèves, ainsi que sur leurs origines. De ce fait, il a été donné de constater que la plupart des enseignants méconnaissaient ces représentations initiales. De plus, les élèves avaient des conceptions primitives, négatives et collectives, issues de contextes pédagogiques et culturels, relativement aux notions de base de la cinématique telles que le mouvement (bouger), le temps (durée), la trajectoire (distance), la vitesse (rapidité), le mouvement rectiligne (mouvement sur une surface plane), le mouvement (fixe), le mouvement varié (accélééré) et la chute libre (tomber brusquement et involontairement). Il existe ainsi une contradiction persistante et évolutive entre ces représentations initiales-obstacles et les nouvelles connaissances que les enseignants doivent transmettre.

MOTS-CLEFS: cinématique, obstacle, représentation initiale, scientifique, sociogénétique.

1 INTRODUCTION

Une représentation, évoluée ou semi-évoluée, imagée ou à prétention interprétante, est une idée première préconçue de la réalité qu'un individu s' imagine à propos d'un concept, d'un phénomène, d'une chose...qui l'entoure [1].

Il est dès lors évident que l'on devrait tenir compte des représentations des élèves avant de leur inculquer une « nouvelle matière » au risque de voir cette dernière se confondre avec les anciennes représentations sans les remplacer [2].

En physique, les représentations proviennent de certains obstacles des sources diverses. Même en suivant déjà un enseignement en physique, des études antérieures ont confirmé que la plupart des élèves conservent leurs représentations premières ou initiales, souvent erronées, sur les concepts de la physique [3].

Bref, les représentations initiales (perception, projection, évocation, impression, appropriation, vision, image mentale...) sont des conceptions notionnelles que les élèves ont pu retenir dans l'enseignement des classes précédentes. C'est un ensemble des idées reçues, d'explications toutes faites ou d'images créées par les élèves sur un sujet donné. C'est un outil de diagnostic pour les élèves pour un statut positif de ses connaissances. Elles sont souvent collectives (contrairement aux conceptions qui sont souvent individuelles) et proviennent souvent d'un déficit du processus de communication, de construction, de création, d'appropriation et de mise en œuvre [4]. Elles se construisent à travers deux processus (approche sociogénétique) à savoir l'objectivation (s'approprier et intégrer les connaissances relatives à un concept) et l'ancrage [5].

Une représentation peut aussi être un obstacle lorsqu'elle est négative ou lorsqu'elle influence négativement l'apprentissage d'une nouvelle notion c'est-à-dire en cas de contradiction entre les conceptions nouvelles à s'approprier et celles antérieures des élèves.

En cinématique où l'on décrit, étudie et prévoit les mouvements des corps, les représentations initiales ne peuvent concerner que les concepts tels que le système de référence, temps, la position, la trajectoire, la vitesse, l'accélération, les équations-horaires, les types de mouvements, etc [6].

À Inkisi et à Kimpese, deux cités respectivement des Districts de la Lukaya et des Cataractes où l'on trouve respectivement un laboratoire de physique pouvant développer l'imagination des élèves, il a été constaté une non prise en compte des représentations initiales de la part des enseignants de physique de la classe terminale en section scientifique. Cela manifesterait des graves conséquences chez leurs élèves quant à l'apprentissage avec intérêt de la cinématique qui regorge un ensemble des notions préparatoires pour l'apprentissage de la physique.

Quelles sont alors les principales représentations initiales-obstacles dans l'apprentissage de la cinématique en 4^{ème} scientifique à Inkisi et à Kimpese ? Répondre à cette question c'est atteindre l'objectif principal de cette étude qui se voudrait, grâce à l'approche sociogénétique, de déceler et de classer les éventuelles représentations initiales, d'origine diverse, pouvant se constituer en obstacle pour un apprentissage aisé des notions de la cinématique en 4^{ème} scientifique à Inkisi et à Kimpese, conformément au programme national de physique révisé et analyser leur impact dans l'apprentissage. Cela permettrait aux enseignants de physique de mieux cibler leurs objectifs opérationnels et les compétences à faire développer chez leurs élèves.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 MATÉRIELS

Nous avons utilisé des checklists (deux pour la préenquête et une pour l'enquête proprement dite) pour collecter les données de notre étude. Ces instruments ont été réalisés en focus group composé de six personnes dont: 2 enseignants de physique, 2 inspecteurs de physique du secondaire, 1 psychopédagogue et 1 linguiste.

2.1.1 CHECKLIST DE PREENQUETE AUPRES DES ENSEIGNANTS DE PHYSIQUE EN 4EME SCIENTIFIQUE

Méthode: Quantitative

Technique: Enquête (Checklist)

Sujets interrogés: Enseignants de physique de 4^{ème} scientifique

Variables à mesurer: Items

Période de soumission: En pleine séance de focus group

2.1.1.1 ADRESSE AUX RÉPONDANTS

Cher (e) Enseignant (e) de physique en 4^{ème} scientifique,

Tout en vous garantissant l'anonymat, nous avons l'amabilité de vous associer à cette enquête portant sur « les principales représentations initiales-obstacles en cinématique chez les élèves de 4^{ème} scientifique » en vous priant de bien vouloir répondre à cette checklist durant 30 minutes minimum. Cette étude a pour but principal de détecter et de classer les éventuelles représentations initiales-obstacles qui pourront être décelées chez ces élèves lors de l'apprentissage des notions de la cinématique. Merci d'avance pour votre collaboration !

2.1.1.2 INFORMATIONS DÉMOGRAPHIQUES PRÉLIMINAIRES DU RÉPONDANT

Sexe : Masculin ☐ Féminin ☐

Âge : 15-20ans ☐ 21-26ans ☐ 27-32ans ☐ 33ans-plus ☐

Niveau d'études : D6 ☐ G3 ☐ L2 ☐ Autre ☐

Ancienneté à l'école : Moins d'1an ☐ 1-5ans ☐ 2 6-10ans ☐ + de 10 ans ☐

Milieu d'habitation : Kisantu ☐ Kimpese ☐

(Préciser le Quartier) :

2.1.1.3 COCHEZ LA REPONSE DE VOTRE CHOIX (UNE SEULE)

N°	Items	Réponse à cocher
Objectif : Recueillir leur point de vue sur le contenu des points du programme et sur les difficultés rencontrées lors du processus enseignement-apprentissage		
1	Quel est votre avis sur les points à traiter en physique 4 ^{ème} scientifique selon le programme national ?	Trop abondants Suffisants Neutre Moyennement abondants Moins abondants
2	Quel est votre degré de satisfaction sur la manière à laquelle vous procédez pour enseigner la physique ?	Très satisfait Satisfait Moyennement satisfait Pas satisfait Neutre
3	Quelle est la difficulté la plus rencontrée lors de l'enseignement de la physique en 4 ^{ème} scientifique ?	Liaison difficile à établir entre théorie et pratique. Difficultés d'expliquer certains concepts en langue locale. Insuffisance du temps imparti pour plus approfondir. Autre à préciser :
4	Quel est le facteur le plus probable à l'origine de ces difficultés ?	Manque des matériels pour exploiter les TIC. Manque de laboratoire moderne de physique. Peu ou manque de maîtrise en mathématique basique. Course pour terminer le programme. Autre à préciser :
Objectif : Recueillir leur point de vue sur la conduite du processus enseignement-apprentissage et sur l'influence des matériels didactiques		
5	Avez-vous un laboratoire de physique dans votre école ?	Oui Non À peu près
6	Autoriseriez-vous la discussion entre élèves lors de vos prestations théoriques ou expérimentales ?	Toujours Très souvent Souvent Rarement Jamais
7	Utilisez-vous les TIC pour la préparation et l'enseignement de vos leçons ?	Toujours Très souvent Souvent Rarement Jamais
Objectif : Recueillir leur point de vue sur la connaissance des représentations initiales en physique		
8	Pensez-vous que les élèves ignorent totalement de quoi il s'agit lorsque vous leur présentez les différents points du programme à traiter ?	Oui Non Probablement Souvent Je ne sais pas
9	Que savez-vous des représentations initiales ?	Pensées ; idées, images... à priori sur une notion. Formules préconçues d'une notion. Théories déformées des concepts. Images figées d'un matériel. Autres à préciser : Je ne sais pas
10	Une représentation initiale peut-elle s'ériger en obstacle face à un apprentissage ?	Oui Non Probablement Souvent Je ne sais pas
11	Une représentation initiale est toujours contraire à celle finale correcte ou scientifique d'une notion ?	Oui Non Probablement Souvent Je ne sais pas
12	Les représentations initiales sont-elles toujours identiques (Classification) ?	Oui Non Probablement Souvent Je ne sais pas

13	Quelle est l’origine principale des représentations initiales rencontrées chez nos apprenants ?	Vécu quotidien ou niveau de vie, de culture et de mœurs Niveau de maturité de chacun(e) Habitudes de l’école Niveau d’aptitude des enseignants antérieurs dans le domaine. Autres à préciser : Je ne sais pas
14	Comment pensez-vous procéder pour détecter les éventuelles représentations initiales-obstacles des élèves en physique ?	Poser des questions sur la réalité physique des concepts et organiser des discussions en groupe. Éviter de poser des questions. Enseigner de façon magistrale en prenant plus de temps imparti. Éviter les expérimentations en classe. Autre à préciser : Je ne sais pas

Après construction en focus group, les différents tests statistiques effectués montrent une nette homogénéité ou consistance interne inter-items (Alpha de Cronbach: .722) et une liaison positive inter-juges (Concordance W de Kendall: .000).

2.1.2 CHECKLIST DE PREENQUETE AUPRES DES ÉLÈVES DE 4^{EME} SCIENTIFIQUE

Méthode: Quantitative.

Technique: Enquête (Checklist).

Sujets interrogés: Élèves en 4^{ème} scientifique, année scolaire 2023-2024.

Variables à mesurer: Items.

Objectif principal: Déterminer la présence et les origines des éventuelles représentations initiales.

Période de soumission: La première semaine de la rentrée scolaire 2023-2024.

2.1.2.1 ADRESSE AUX RÉPONDANTS

Cher (e) Élève (e) de la 4^{ème} scientifique,

Tout en vous garantissant l’anonymat, nous avons l’amabilité de vous associer à cette enquête portant sur « les principales représentations initiales-obstacles en cinématique chez les élèves de 4^{ème} scientifique » en vous priant de bien vouloir répondre à cette checklist durant 30 minutes minimum. Cette étude a pour but principal de détecter et de classer les éventuelles représentations initiales-obstacles qui pourront être décelées chez ces élèves lors de l’apprentissage des notions de la cinématique. Merci d’avance pour votre collaboration !

2.1.2.2 INFORMATIONS DÉMOGRAPHIQUES PRÉLIMINAIRES DU RÉPONDANT

École :

Sexe : Masculin ☐ Féminin ☐

Âge : 15-18ans ☐ 19-22ans ☐ 23-26ans ☐ 27ans-plus ☐

Ancienneté à l’école : Moins d’1an ☐ 1-2ans ☐ 3-4ans ☐ 5 ans et plus ☐

Milieu d’habitation : Kisantu ☐ Kimpese ☐

(Préciser le Quartier) :

2.1.2.3 COCHEZ LA REPONSE DE VOTRE CHOIX (UNE SEULE)

N°	Items	Réponse à cocher
Objectif : Recueillir leur point de vue sur le contenu des points du programme et sur les difficultés rencontrées lors du processus enseignement-apprentissage		
1	Quel est votre avis concernant la quantité des notions contenues dans le programme de physique à étudier ?	Trop abondants Suffisants Neutre Moyennement abondants Moins abondants
2	Quel est votre avis concernant la liaison entre les notions étudiées en 3 ^{ème} et celles de 4 ^{ème} ?	Très satisfait Satisfait Moyennement satisfait Pas satisfait Neutre
3	Quelle est la difficulté la plus rencontrée lors de l'apprentissage de la physique en 3 ^{ème} scientifique ?	Liaison difficile à établir entre théorie et pratique. Difficultés d'expliquer certains concepts en langue locale. Insuffisance du temps imparti pour plus approfondir. Autre à préciser :
4	Quel est le facteur le plus probable à l'origine de ces difficultés ?	Manque des matériels pour exploiter les TIC. Manque de laboratoire moderne de physique. Peu ou manque de maîtrise en mathématique basique. Course pour terminer le programme. Temps imparti insuffisant. Autre à préciser :
Objectif : Recueillir leur point de vue sur la conduite du processus enseignement-apprentissage et sur l'influence des matériels didactiques		
5	Avez-vous un laboratoire de physique dans votre école ?	Oui Non À peu près
6	Votre enseignant de physique avait-il l'habitude de vous laisser discuter entre vous sur un thème donné en physique ?	Toujours Très souvent Souvent Rarement Jamais
7	Votre enseignant de physique utilise-t-il les TIC lors ses prestations ?	Toujours Très souvent Souvent Rarement Jamais
Objectif : Recueillir leur point de vue sur la connaissance des représentations initiales en physique		
8	Il vous arrive d'avoir une portion idée ou des connaissances vagues en avance sur la matière à étudier en physique et annoncée par l'enseignant ?	Toujours Très souvent Souvent Rarement Jamais
9	Les brins d'idées que vous avez à priori se confirment-elles après l'intervention de votre enseignant de physique ?	Toujours Très souvent Souvent Rarement Jamais
10	Il y a-t-il confusion entre vos pensées primitives à priori et les affirmations de l'enseignant de physique après sa prestation ?	Toujours Très souvent Souvent Rarement Jamais
11	Les diverses pensées à priori proviennent-elles de votre culture à la maison ?	Oui Non À peu près Je ne sais pas
12	Les diverses pensées à priori proviennent-elles de votre fréquence à regarder la télévision ?	Oui Non À peu près Je ne sais pas
13	Les diverses pensées à priori proviennent-elles de votre fréquence à utiliser l'internet avec le téléphone ?	Oui Non À peu près Je ne sais pas
14	Les diverses pensées à priori proviennent-elles de votre fréquence à faire de la lecture ?	Oui Non À peu près Je ne sais pas
15	Les diverses pensées à priori proviennent-elles de votre environnement immédiat au quotidien ?	Oui Non À peu près Je ne sais pas
16	Que proposez-vous apprendre en physique, contrairement aux prévisions du programme ?	Des réalités de la science-fiction. Des histoires des inventions en science. Des formules mathématiques à l'origine des théories physiques. Rien que des expériences au laboratoire. Autre à préciser :

Après construction en focus group, les différents tests statistiques effectués montrent une nette homogénéité ou consistance interne inter-items (Alpha de Cronbach: .712) et une liaison positive inter-juges (Concordance W de Kendall: .000).

2.1.3 CHECKLIST D’ENQUETE PROPREMENT DITE AUPRES DES ÉLÈVES DE 4EME SCIENTIFIQUE

Méthode: Quantitative.

Technique: Enquête (Checklist).

Sujets interrogés: Élèves en 4^{ème} scientifique, année scolaire 2023-2024.

Variables à mesurer: Items.

Objectif principal: Déterminer et classier les représentations initiales-obstacles.

Période de soumission: La deuxième semaine de la rentrée scolaire 2023-2024.

2.1.3.1 ADRESSE AUX RÉPONDANTS

Cher (e) Élève (e) de la 4^{ème} scientifique,

Tout en vous garantissant l’anonymat, nous avons l’amabilité de vous associer à cette enquête portant sur « les principales représentations initiales-obstacles en cinématique chez les élèves de 4^{ème} scientifique » en vous priant de bien vouloir répondre à cette checklist durant 30 minutes minimum. Cette étude a pour but principal de détecter et de classier les éventuelles représentations initiales-obstacles qui pourront être décelées chez ces élèves lors de l’apprentissage des notions de la cinématique. Merci d’avance pour votre collaboration !

2.1.3.2 INFORMATIONS DÉMOGRAPHIQUES PRÉLIMINAIRES DU RÉPONDANT

École :

Sexe : Masculin ☐ Féminin ☐

Âge : 15-20ans ☐ 21-26ans ☐ 27-32ans ☐ 33ans-plus ☐

Ancienneté à l’école : Moins d’1an ☐ 1-5ans ☐ 2 6-10ans ☐ + de 10 ans ☐

Milieu d’habitation : Kisantu ☐ Kimpese ☐

(Préciser le Quartier) :

2.1.3.3 COCHEZ LA REPONSE DE VOTRE CHOIX (UNE SEULE)

N°	Items	Réponse à cocher				
Objectif : Déterminer le niveau de compréhension de la physique						
1	Quel est votre niveau de compréhension de la physique ?	Excellent	Très bien	Bien	Moyen	Médiocre
2	Quelle note donneriez-vous à votre enseignant de physique par rapport à sa façon de vous faire comprendre les concepts de la physique ?	Excellent	Très bien	Bien	Moyen	Médiocre
Objectif : Détecter les représentations initiales-obstacles en cinématique						
3	Dans la vie pratique réelle, à quoi (mot) faites-vous allusion intuitivement lorsque vous entendez parler de la cinématique ?	Étude du mouvement des corps		Cinéma	Vitesse	Aucun
4	En cinématique, à quoi (mot) faites-vous allusion intuitivement lorsque vous entendez parler du mouvement ?	Déplacement par rapport à l'origine Aucun			Bouger	Tourner
5	En cinématique, à quoi (mot) faites-vous allusion intuitivement lorsque vous entendez parler du temps ?	Écoulement des évènements		Durée	Période	Aucun

6	En cinématique, à quoi (mot) faites-vous allusion intuitivement lorsque vous entendez parler de la trajectoire ?	Chemin décrit par un mobile dans l'espace au fil du temps Espace parcouru Distance parcourue Point éloigné Aucun			
7	En cinématique, à quoi (mot) faites-vous allusion intuitivement lorsque vous entendez parler de la vitesse ?	Espace parcouru par unité du temps Accélération		Rapidité Aucun	
8	En cinématique, à quoi (mot) faites-vous allusion intuitivement lorsque vous entendez parler du mouvement rectiligne ?	Mouvement en ligne droite Mouvement uniforme		Mouvement sur une surface plane Aucun	
9	En cinématique, à quoi (mot) faites-vous allusion intuitivement lorsque vous entendez parler du mot « uniforme » ?	Rectiligne	Fixe ou qui ne bouge pas	Vitesse inchangée	
		Grandeur X inchangée	Aucun		
10	En cinématique, à quoi (mot) faites-vous allusion intuitivement lorsque vous entendez parler du mot « mouvement varié » ?	Accéléré Aucun	Décéléré	Accéléré et décéléré	Monter
11	En cinématique, à quoi (mot) faites-vous allusion intuitivement lorsque vous entendez parler de la « chute libre » ?	Tomber brusquement et involontairement Tomber et rouler Aucun		Voler en l'air	Pesanteur

Après construction en focus group, les différents tests statistiques effectués montrent une nette homogénéité ou consistance interne inter-items (Alpha de Cronbach: .899) et une liaison positive inter-juges (Concordance W de Kendall: .000).

Il sied de signifier qu'il y avait nécessité de recueillir les données auprès des élèves dès la rentrée scolaire 2023-2024 pour éviter l'influence de l'acquisition de nouvelles connaissances et la fusion entre les représentations initiales naturelles et celles qui naîtraient après apprentissage de ces notions conformément au programme d'étude.

2.2 MÉTHODES

2.2.1 MÉTHODES ET TECHNIQUES UTILISÉES

Pour exécuter notre schéma méthodologique basée sur l'approche sociogénétique, nous avons utilisé les méthodes:

- d'enquête: qui consiste à descendre sur terrain, à Inkisi et à Kimpese, afin de recueillir les données relatives à notre question de recherche auprès des enquêtés à travers les écoles organisant la section scientifique;
- d'observation directe et participante: qui consiste à observer les réactions des élèves et des enseignants lors de nos échanges durant toutes les étapes de notre recherche sur terrain;
- statistique: qui, grâce au logiciel SPSS version 23, consiste à classer les principales représentations initiales-obstacles sur les concepts de base de la cinématique auprès des élèves de 4^{ème} scientifique à Inkisi et à Kimpese
- Comme techniques, nous avons fait usage de celles:
- documentaire: qui consiste à lire, à résumer et à nuancer sur les théories évoquées par différents auteurs relativement à notre cadre de recherche;
- l'entrevue individuelle et semi-dirigée: qui consiste à discuter avec chaque enseignant et avec plusieurs groupes d'élèves de ces deux différents milieux autour de la thématique sous étude et de ses contours, en leur laissant une large manœuvre de réflexion;
- les checklists destinées aux enquêtés (enseignants et élèves des écoles ciblées de ces deux milieux d'étude) afin de recueillir leurs opinions les éventuelles représentations initiales en cinématique

2.2.2 POPULATION ET ÉCHANTILLON D'ÉTUDE

Notre enquête globale s'étale sur 21 écoles organisant la section scientifique dont 9 à Inkisi et 12 à Kimpese.

Notre population est ainsi constituée de 370 sujets dont 363 élèves de 4^{ème} scientifique de ces deux milieux et 7 enseignants.

En utilisant la table de Morgan et Krejcie [7], notre échantillon, choisi au hasard par la technique d'urne, est de 189 sujets dont 182 élèves (78 à Inkisi et 104 à Kimpese) et 7 enseignants. Avec notre échantillon, nous avons utilisé 49 sujets pour la préenquête (dont 42 élèves et 7 enseignants) et 140 sujets (élèves uniquement) pour l'enquête proprement dite.

Par souci d'équilibre intergroupe et d'équité, l'échantillon d'étude de la préenquête est constitué de 6 élèves (dont 3 filles et 3 garçons) dans 3/9 écoles scientifiques d'Inkisi et de 6 élèves (dont 3 filles et 3 garçons) dans 4/12 écoles scientifiques de Kimpese. Nous

avons au total 42 élèves (dont 21 filles et 21 garçons) pour 7 écoles (et donc 7 enseignants), répartis dans deux milieux différents. Les sujets de cet échantillon exploité lors de la préenquête n’ont plus été questionnés lors de l’enquête proprement dite afin d’éviter le biais. Le tableau ci-dessous l’illustre mieux:

Tableau 1. *Échantillon des écoles organisant la section scientifique à Inkisi et à Kimpese pour la préenquête*

Écoles d’Inkisi	Effectifs des élèves	Écoles de Kimpese	Effectifs des élèves	Effectifs des enseignants
Institut Père H Matota	6	C.S. Mama Kiangenebeni	6	2
Institut Nianga	6	C.S. Dibasema	6	2
Institut Nkitudia	6	Institut Mowa	6	2
		Collège Père Kusika	6	1
Total	18		24	7

L’enquête proprement dite n’a concerné que les élèves. Par souci d’équilibre intergroupe et d’équité, pour chaque école, l’échantillon d’étude de l’enquête proprement dite est constitué de 10 élèves (dont 5 filles et 5 garçons) dans 6/9 autres écoles scientifiques d’Inkisi et de 10 élèves (dont 5 filles et 5 garçons) dans 8/12 autres écoles scientifiques de Kimpese. Nous avons au total 140 élèves (dont 70 filles et 70 garçons) pour 14 écoles, répartis dans deux milieux différents. Le tableau suivant l’illustre mieux:

Tableau 2. *Échantillon des écoles organisant la section scientifique à Inkisi et à Kimpese pour l’enquête proprement dite*

Écoles d’Inkisi	Effectifs des élèves	Écoles de Kimpese	Effectifs des élèves	Total Effectifs
Collège Kubama	10	Lycée Lamba	10	
Lycée Notre Dame	10	Institut Nzolo	10	
Collège Saint Pierre	10	Institut Ngombe	10	
Lycée Verwimp	10	Institut Manzonzi	10	
Lycée Mfuki	10	Institut Mananga	10	
Institut Kilombo	10	Institut Vuzilandu	10	
		C.S. Mama Nsadisi	10	
		C.S. Mama Masaka	10	
Total	60		80	140

3 RÉSULTATS

3.1 ANALYSE ET INTERPRÉTATION

3.1.1 PREENQUETE AUPRES DES ENSEIGNANTS DE PHYSIQUE EN 4^{EME} SCIENTIFIQUE

- Toutes les enquêtés sont de sexe masculin
- 4/7 ont un âge moyen compris entre 27 et 32 ans
- 5/7 sont des gradués
- 3/7 ont une ancienneté entre 1-5 ans; 3/7 entre 6-10 ans et 1/7 de plus de 10 ans
- 6/7 estiment que la matière à traiter est trop abondante
- 5/7 sont très satisfaits de leurs procédés d’enseignement
- 6/7 estiment que la plus grande difficulté rencontrée lors de l’enseignement de la physique en 4^{ème} scientifique est l’établissement d’une liaison entre la théorie et la pratique, par manque de laboratoire de physique, tel qu’attesté par 4 enseignants sur 7. Surtout que 6/7 ont estimé la non existence d’un laboratoire de physique
- 6/7 déclarent engager rarement et/ou souvent la discussion entre élèves
- 6/7 déclarent utiliser rarement et/ou souvent les TIC lors de la préparation et de l’enseignement de la physique dans cette classe
- 3/7 déclarent que les élèves sont des cerveaux vides à combler. 2/7 pensent le contraire et 2/7 hésitent

- 4/7 pensent faussement que les représentations initiales soient des théories déformées des concepts. Idem pour 2/7 qui ignorent totalement ce concept. Seulement 1/7 a donné la bonne réponse
- 4/7 hésitent à ce qui est de savoir si une représentation initiale pouvait s'ériger en obstacle face à l'apprentissage; 2/7 ignorent totalement et 1/7 a répondu affirmativement
- 1/7 pense qu'il y a une différence entre une représentation initiale et celle finale. Les autres hésitent ou ignorent
- 4/7 ignorent totalement si les représentations initiales sont diversifiées selon leur classification. Les autres hésitent ou infirment cette proposition
- 4/7 ignorent totalement l'origine des représentations initiales; 2/7 attribuent leur origine au niveau d'aptitude des enseignants antérieurs de physique, si ce ne sont pas eux-mêmes et 1/7 l'attribue au vécu quotidien de l'élève
- 4/7 ignorent totalement comment procéder pour détecter les représentations initiales; 2/7 estiment la nécessité de poser des questions et d'organiser des discussions en groupe et 1/7 pense qu'il faut plus de temps pour un enseignement magistral

S'agissant de l'influence des variables modératrices (Sexe, Age, Niveau d'études, Ancienneté et Milieu d'habitation), aucune d'elle n'influence les résultats de notre enquête.

3.1.2 PREENQUETE AUPRES DES ÉLÈVES DE 4^{EME} SCIENTIFIQUE

La tendance supérieure montre que:

- 26/42 ont un âge moyen variant entre 15 et 18 ans
- 32/42 ont une ancienneté, dans leurs écoles respectives, variant entre 3 et 4 ans
- 19/42 estiment que la matière programmée est trop abondante
- 21/42 sont neutres quant à se prononcer sur la liaison entre les contenus de 3^{ème} et de 4^{ème} scientifique
- 39/42 estiment que la plus grande difficulté rencontrée lors de l'apprentissage de la physique est la liaison entre la théorie et la pratique, par manque de laboratoire de physique, tel qu'attesté par 31 élèves sur 42. Surtout que 36/42 ont estimé la non existence d'un laboratoire de physique dans leurs écoles
- 22/42 déclarent que leurs enseignants n'engagent jamais de discussion entre les élèves
- 33/42 déclarent que leurs enseignants n'utilisent jamais des TIC lors de leur prestation
- 22/42 déclarent avoir très souvent une idée primaire bien avant l'apprentissage d'une nouvelle notion. C'est cela les représentations initiales
- 19/42 estiment que leurs idées préconçues se marient rarement avec les réalités enseignées par leurs enseignants. 14/42 pensent que cette adéquation ne se produit jamais
- 19/42 affirment observer très souvent une confusion entre leurs représentations initiales et les enseignements suivis. Leurs représentations initiales s'érigent dès lors en obstacle face à l'apprentissage. La néologie « représentations initiales-obstacles » se justifie donc !
- 32/42 déclarent que leurs représentations initiales proviennent des habitudes de leur vécu quotidien et de leur éducation familiale
- 24/42 déclarent que leurs représentations initiales proviennent de divers programmes de la télévision, surtout avec l'avènement des chaînes Canal
- 36/42 déclarent que leurs représentations initiales proviennent de l'utilisation du téléphone avec l'internet à haut débit
- 16/42 déclarent que leurs représentations initiales proviendraient de la lecture
- 24/42 déclarent que leurs représentations initiales proviennent de ce qu'ils voient à travers leur environnement immédiat, en dehors du cadre familial
- 24/42 voudraient, dans l'apprentissage de la physique, ne faire que des expériences au laboratoire

S'agissant de l'influence des variables modératrices (Sexe, Age, Ancienneté et Milieu d'habitation), aucune d'elle n'influence les résultats de l'enquête.

3.1.3 ENQUETE PROPREMENT DITE AUPRES DES ÉLÈVES DE 4ÈME SCIENTIFIQUE

Après constat du réel problème sur la méconnaissance des aspects entourant les représentations initiales créant ainsi, dans la plupart des cas, un obstacle au processus enseignement-apprentissage en général et, plus particulièrement, à l'apprentissage pour notre cas, nous étions obligés de redescendre sur terrain pour une enquête proprement dite afin d'atteindre au mieux nos objectifs fixés au départ. Ainsi, après soumission de la checklist auprès des élèves des autres écoles, autres que ceux questionnés lors de la préenquête, nous avons retenu ce qui suit:

- 111/140 des questionnés ont un âge moyen compris entre 15-20 ans
- 139/140 ont une ancienneté comprise entre 1-5 ans
- 67/140 ont un très bon niveau de compréhension en physique; 43/140 ont un niveau moyen
- 70/140 ont accordé la mention « bien » à leur enseignant de physique quant à sa façon d'enseigner
- 63/140 estiment que la cinématique est l'étude du cinéma; 46/140 n'ont pas su se prononcer et 30/140 seulement ont su donner la bonne réponse (étude du mouvement des corps)
- 90/140 font directement allusion au mot « bouger » lorsqu'il s'agit du concept « mouvement »; 39/140 estiment que c'est le déplacement par rapport à l'origine
- 105/140 font directement allusion au mot « durée » lorsqu'il s'agit du concept « temps »; 29/140 font allusion au mot « période » et 6/140 estiment que c'est l'écoulement des événements
- 91/140 font directement allusion au mot « distance » lorsqu'il s'agit du concept « trajectoire »; 37/140 font allusion au chemin décrit par un mobile dans l'espace au fil du temps
- 108/140 font directement allusion au mot « rapidité » lorsqu'il s'agit du concept « vitesse »; 31/140 font allusion à l'espace parcouru par unité du temps
- 83/140 font directement allusion au « mouvement sur une surface plane » lorsqu'il s'agit du concept « mouvement rectiligne »; 34/140 l'associent au mouvement uniforme et 23/140 seulement font allusion au mouvement en ligne droite
- 83/140 font directement allusion à quelque chose de « fixe ou qui ne bouge pas » lorsqu'il s'agit du concept « uniforme »; 39/140 l'associent à une « vitesse inchangée »; 16/140 l'associent au mot « rectiligne » et 12/140 seulement font allusion à une grandeur X qui devrait rester inchangée. Si parmi les réponses il y avait le mot « identique », la situation pourrait-être autre !
- 62/140 font directement allusion au mot « accéléré » lorsqu'il s'agit du concept « mouvement varié »; 38/140 seulement l'associent à un mouvement soit accéléré ou soit décéléré et 37/140 font allusion à une « montée » ou une « augmentation »
- 115/140 font directement allusion au mot « tomber brusquement et involontairement » lorsqu'il s'agit du concept « chute libre » et 25/140 évoquent le fait de « voler en l'air »

S'agissant de l'influence des variables modératrices (Sexe, Age, Ancienneté et Milieu d'habitation), aucune d'elle n'influence les résultats de l'enquête.

4 DISCUSSION

Après les résultats de notre préenquête, il a été prouvé que les représentations initiales sont méconnues de la plupart des enseignants. Il n'est donc pas évident que les enseignants en tiennent compte lors du processus enseignement-apprentissage. Surtout quand la majorité estime que les élèves viennent souvent avec un cerveau vide qu'ils sont sensés remplir.

Les représentations initiales que se font ces élèves ne se marient pas avec la théorie enseignée en classe réelle. Exactement comme l'ont affirmé Giordan (1983) [4], Rimars (2014-2015, p.22) [8], Hardy et Cie (1995) [9] et Dehon et al. (2016, p.28) [10], les représentations initiales sont soit d'origine scientifique ou pédagogique soit d'origine socioculturelle. Pédagogiquement parlant, les enseignants ont aussi leur part de responsabilité au regard de leurs pratiques d'enseignement: ils n'utilisent presque pas des TIC, ils se focalisent surtout leur énergie sur les aspects formules au lieu de ramener leurs élèves vers la réalité physique de leur vécu quotidien et, enfin, ils ne favorisent pas la discussion entre les élèves tout au long du processus enseignement-apprentissage. Une autre part de responsabilité revient à l'État congolais qui ne sait pas équiper les écoles scientifiques en laboratoires et en matériels adaptés afin de permettre aux élèves de concilier la théorie et la pratique. Socioculturellement parlant, les élèves sont des propres auteurs de leurs représentations initiales-obstacles de par leur capacité à observer, à imaginer et à transformer les actions, les habitudes issues de leur vécu quotidien, selon leurs milieux d'habitation et selon leurs éducations. Aussi, il a été constaté que les élèves issus de ces deux milieux différents réfléchissent presque de la même manière, exactement comme l'a affirmé Giordan (1983) [4] que ces représentations initiales étaient souvent collectives.

Une représentation peut aussi être un obstacle lorsqu'elle est négative ou lorsqu'elle influence négativement l'apprentissage d'une nouvelle notion c'est-à-dire en cas de contradiction entre les conceptions nouvelles à s'approprier et celles antérieures des élèves. (Dehon, 2016, p.30) [10]. Il suffit de voir et de constater les représentations initiales de ces élèves sur les notions de base de la cinématique (*cinéma) dont le mouvement (*bouger), le temps (*durée), la trajectoire (*distance), la vitesse (*rapidité), le mouvement rectiligne (*mouvement sur une surface plane), le mouvement uniforme (*fixe), le mouvement varié (*accélééré) et la chute libre (*tomber brusquement et involontairement) pour constater l'étendue de l'obstacle quant à l'apprentissage de ces notions.

5 CONCLUSION

Dans cette étude dont la question centrale était basée sur la recherche des principales représentations initiales-obstacles en cinématique auprès des élèves de 4^{ème} scientifique à Inkisi et à Kimpese, deux cités de la Province du Kongo central en RD-Congo, l'objectif principal était de déceler et de classer ces représentations initiales-obstacles selon leurs origines.

En utilisant l'approche sociogénétique basée sur l'objectivation des représentations initiales qui somnolent chez ces élèves qui, naturellement, se fient à leur première impression, à l'information ou image reçue (ancrage), il a été question de descendre sur terrain dans ces deux milieux pour enquêter (observer, discuter, questionner...) et recueillir les avis des enseignants (7) et des élèves (182 dont 42 ont été utilisés lors de la pré-enquête) à travers 21 écoles organisant la section scientifique dont 9 à Inkisi et 12 à Kimpese.

Après analyse, interprétation et discussion des résultats issus de cette enquête, il a été constaté que les représentations initiales étaient méconnues de la plupart des enseignants de par leurs pratiques d'enseignement qui ne permettent pas la discussion entre les élèves. Aussi et de la part des élèves, ces représentations initiales collectives, d'origines pédagogique et culturelle, constituent un réel obstacle à l'apprentissage de la physique en général et de la cinématique (*cinéma) en particulier lorsque ces élèves ont des lacunes concernant les notions de base telles que le mouvement (*bouger), le temps (*durée), la trajectoire (*distance), la vitesse (*rapidité), le mouvement rectiligne (*mouvement sur une surface plane), le mouvement uniforme (*fixe), le mouvement varié (*accélééré) et la chute libre (*tomber brusquement et involontairement). Il naît alors une nette contradiction entre ces représentations initiales-obstacles qui évoluent naturellement et les nouvelles connaissances à apprendre de la part de l'enseignant.

REFERENCES

- [1] M. Thouin, «Typologie des représentations en sciences physiques chez des élèves du secondaire». *Revue des sciences de l'éducation*, 15 (2), pp. 247–266, 1989. <https://doi.org/10.7202/900630ar>.
- [2] J-C. Sallaberry, «Les représentations et la didactique des Sciences Physiques», *Bulletin de l'union des physiciens*, n°736, Lycée Arnaud Daniel, 24600 Ribérac, p.1085, 1991.
- [3] M. Thouin, «Les représentations de concepts en sciences physiques chez les jeunes». *Revue des sciences de l'éducation*, 11 (2), pp. 247–258, 1985. <https://doi.org/10.7202/900493ar>.
- [4] Giordan, A., «Les représentations des élèves: outils pour la pédagogie», in *Cahiers Pédagogiques* 214, pp. 26-28, mai 1983.
- [5] Moscovici, 1961.
- [6] Ministère de l'Enseignement Primaire, Secondaire et Technique, Programme Éducatif du Domaine d'Apprentissage des Sciences, Classe de 4^e année des Humanités Scientifiques, Sous-Domaine d'Apprentissage: Sciences Physiques et Technologies de l'Information et de la Communication, Secrétariat Général, Direction des Programmes Scolaires et Matériel Didactique, 1^{re} édition, Kinshasa, 2021.
- [7] <https://www.kenpro.org>, sample size determination using Krejcie and Morgan table 1970, posté le 25 août 2012, lu le 19 octobre 2023 à 12h35'.
- [8] L. Rimars, «Les représentations initiales des élèves sur la ville au Moyen-âge», Master, Métiers de l'Enseignement de l'Éducation et de la Formation, École Supérieure du Professorat et de l'Éducation de l'Académie de Nantes, Site de Nantes, 2014-2015.
- [9] M. Hardy, R. Desrosiers-Sabbath & É. Defrênes, «Modalités de socialisation et représentations didactiques de maîtres de l'enseignement professionnel au Québec». *Revue des sciences de l'éducation*, 21 (4), 809–830, 1995. <https://doi.org/10.7202/031839ar>.
- [10] A. Dehon & A. Derobermasure, «Évaluer les représentations des apprenants en sciences: application d'une méthode d'analyse». *Évaluer. Journal international de Recherche en Éducation et Formation*, 2 (2), pp. 27-44, 2016.

Caractérisation et tendance du climat dans la région du Centre-Ouest du Burkina Faso

[Characterization and trend of the climate in the Central-West region of Burkina Faso]

Mahamadi ZOUNDI¹, Abdoul Aziz SAMPEBGO², Joachim BONKUNGU³, YAMBA Boubacar¹, and Yahaya DIENE⁵

¹Université Abdou Moumouni, École Doctorale des Lettres, Art Sciences de l'Homme et de la Société, Laboratoire d'Études et de Recherche sur les Territoires Sahélo-Sahariens (LERTESS), FLSH, B.P. 418 Niamey, Niger

²Université Norbert ZONGO, département de géographie, Laboratoire de recherche en Sciences humaines, UFR, SH, BP: 376, Koudougou, Burkina Faso

³Institut de l'Environnement et des Recherches Agricoles (INERA), Centre de Recherches Environnementales, Agricoles et de Formation (CREAF) Kamboinsé, BP: 476, Ouagadougou 01, Burkina Faso

⁵Université Joseph KI-ZERBO, département de géographie, Laboratoire de recherche en Sciences humaines, UFR, SH, BP: 376, Ouagadougou, Burkina Faso

Copyright © 2024 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: Economic activities in the Central West region of Burkina are dominated by agriculture. This agriculture, dependent on climatic parameters (rainfall, temperature), is under the influence of climate change. Understanding the state of the climate and its evolution can guide effective adaptation measures. This article aims to contribute to knowledge of the state of the climate, its variabilities and trends in the Central West region of Burkina Faso. The results of the analyzes indicate that the region is characterized by a tropical climate subdivided into two types. The North Sudanian type characterizes the northern part and the South Sudanian type the southern part. There is strong variability in rainfall and temperatures from 1991 to 2020. This variability is marked by a relatively dry period (1988-2002) characterized by an average rainfall of 705.95 mm and nine years of rainfall deficit, the excesses of which are recorded in 1997, 2000 and 2005. The second period (2003-2017), wetter, is characterized by an average of 828.58 mm, with ten years of excess rainfall. The year 2012 recorded very excess rainfall. Temperatures have fluctuated with an average for the same period of 29.11°C. High temperature values are observed in 2020 and 2005 with 29.60°C and 29.55°C respectively. The low averages were recorded in 1992 and 1991 with 28.04°C and 28.41°C respectively. The analyzes conclude a trend towards a slight increase in precipitation and a regular and significant trend towards an increase in temperatures.

KEYWORDS: agriculture, climate change, precipitation, temperature, variability.

RESUME: Les activités économiques de la région du Centre Ouest du Burkina est dominées par l'agriculture. Cette agriculture, dépendante des paramètres climatiques (pluviométrie, température), sont sous l'influence du changement climatique. La compréhension de l'état du climat et de son évolution peut orienter vers des mesures d'adaptation efficaces. Cet article vise à contribuer à la connaissance de l'état du climat, ses variabilités et tendance dans la région du Centre Ouest du Burkina Faso. Les résultats des analyses indiquent que la région est caractérisée par un climat tropical subdivisé en deux types. Le type nord soudanien caractérise la partie Nord et le type sud-soudanien la partie sud. On note une forte variabilité de la pluviométrie et des températures de 1991 à 2020. Cette variabilité est marquée par une période (1988-2002) relativement sèche caractérisée par une moyenne pluviométrique de 705,95 mm et neuf années de déficit pluviométrique dont les excessives sont enregistrés en 1997, 2000 et 2005. La deuxième période (2003-2017) plus arrosée, est caractérisée par une moyenne est de 828,58 mm,

avec dix années de pluviométrie excédentaire. L'année 2012 enregistre une pluviométrie très excédentaire. Les températures ont évolué en dents de scie avec une moyenne pour la même période, de 29,11°C. Les fortes valeurs de température sont observées en 2020 et 2005 avec respectivement 29,60°C et 29,55°C. Les faibles moyennes sont enregistrées en 1992 et 1991 avec respectivement 28,04°C et 28,41°C. Les analyses concluent une tendance à une légère hausse des précipitations et une tendance régulière et significative à la hausse des températures.

MOTS-CLEFS: agriculture, changements climatiques, précipitations, température, variabilité.

1 INTRODUCTION

Les changements climatiques contemporains constituent un des nombreux obstacles au développement socioéconomique des populations [1]. L'influence du climat est plus sensible aux activités agricoles surtout dans les pays à faible pluviométrie. Les activités économiques de la région du Centre Ouest du Burkina Faso, à l'instar du pays, sont dominées par l'agriculture pluviale donc dépendante de la pluviométrie. Il est donc nécessaire dans ce contexte, de comprendre l'état du climat et de son évolution. En effet, l'avènement de l'informatique et la mise au point de modèles numériques ont beaucoup facilité la compréhension et la caractérisation du phénomène climatique [2]. Ainsi, le climat du Burkina Faso de part sa position géographique est étroitement lié à la dynamique des anticyclones des Açores dans l'hémisphère nord et de celle de l'anticyclone de Sainte-Hélène dans l'hémisphère sud qui se produit dans la zone intertropicale (ZIT) [3].

La région du Centre-ouest du Burkina Faso baigne entre deux zones climatiques à savoir la zone soudano-sahélienne et la zone soudanienne. Le présent article vise à l'appréhension du phénomène climatique par une analyse de la dynamique des paramètres du climat de cette région et leur variabilité afin d'apprécier les adaptations appropriées pour les populations dont leur survie en dépend.

2 APPROCHE METHODOLOGIQUE

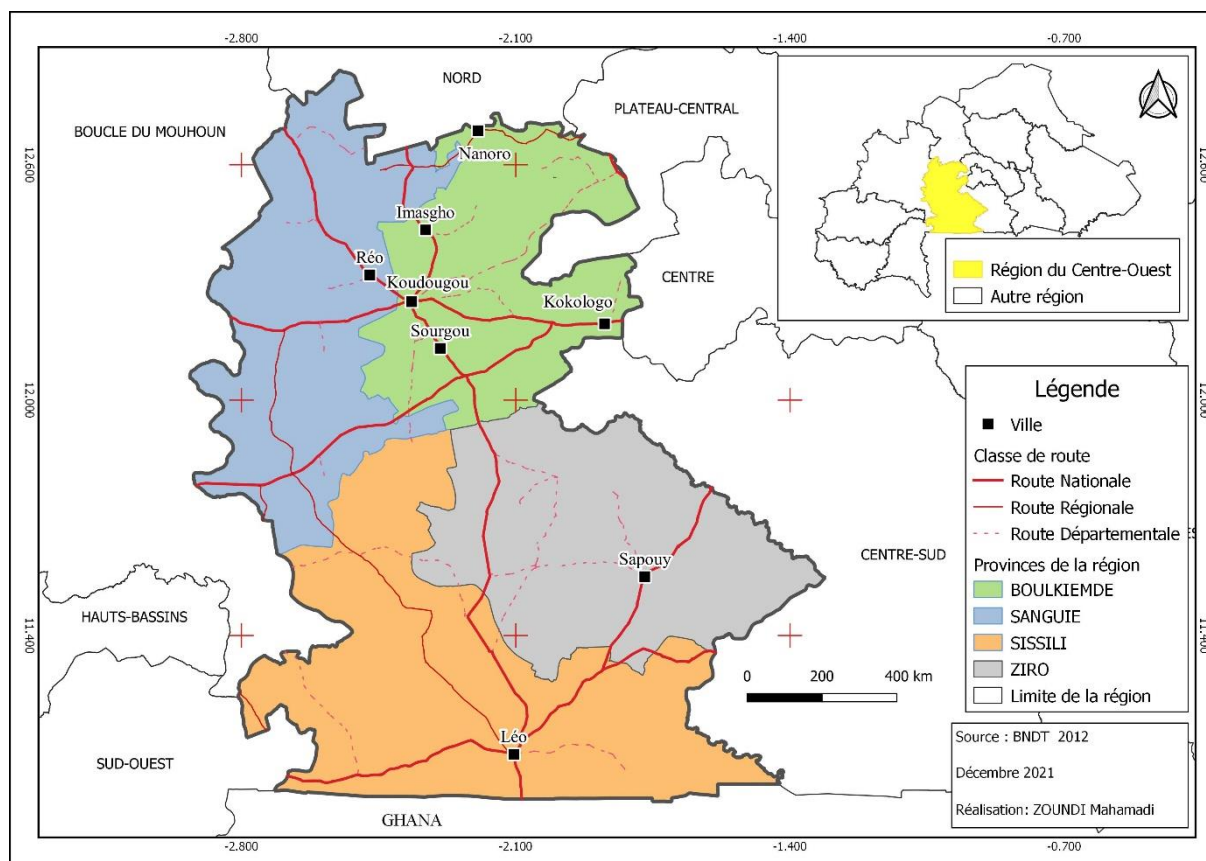
L'approche méthodologique utilisée comprend deux étapes: la caractérisation de la zone d'étude et la définition d'une approche de collecte, traitement et analyse des données de séries.

2.1 PRESENTATION DE LA REGION DU CENTRE OUEST

La région du Centre-Ouest est une des treize régions du Burkina Faso, et est localisée entre 11° et 12°50 de latitude Nord et entre 1°30 et 3° de longitude Ouest. Son chef-lieu, la ville de Koudougou est située à 100 km de Ouagadougou la capitale du Burkina Faso. La région couvre une superficie de 21 891 km², ce qui représente 8 % du territoire national.

Elle est limitée au sud par la République du Ghana, au nord par la région du Nord, à l'Est par les régions du Centre-Sud et du Centre, à l'ouest par les régions de la Boucle du Mouhoun et du Sud-Ouest et au Nord-Est par la région du Plateau Central (cf. carte 1).

La région du Centre-Ouest compte quatre provinces dont le Boulkiemdé, le Sanguié, la Sissili et le Ziro avec respectivement pour chef lieux, les villes de Koudougou, Réo, Léo et Sapouy. Elle compte, quatre (4) communes urbaines, trente-quatre (34) communes rurales et 590 villages administratifs.



Carte 1: Situation géographique de la région du Centre – Ouest du Burkina Faso

Au plan climatique, la région du Centre-Ouest est soumise à deux types de climat en fonction de la latitude. Le climat de type nord soudanien caractérise la partie Nord et couvre les provinces du Boulkiemde et du Sanguié, et une partie du Ziro et de la Sissili. Le climat de type sud-soudanien caractérise la partie sud des provinces de la Sissili et du Ziro. Les températures moyennes varient de 12°C de décembre à janvier, à 38° de mars à mai. Les précipitations quant à elles, sont comprises entre 600 mm et 1000 mm dans zone climatique type soudanienne, et entre 800 mm et 1200 mm dans la zone sud-soudanienne. De façon générale, la pluviométrie est caractérisée par une mauvaise répartition spatio-temporelle sur l'ensemble de la région depuis quelques décennies, affectant la performance de la production agro-sylvo-pastorale, halieutique et faunique.

2.2 METHODE DE COLLECTE, DE TRAITEMENT ET D'ANALYSE DES DONNEES

L'approche méthodologique comprend le processus de collecte, traitement et d'analyse des données.

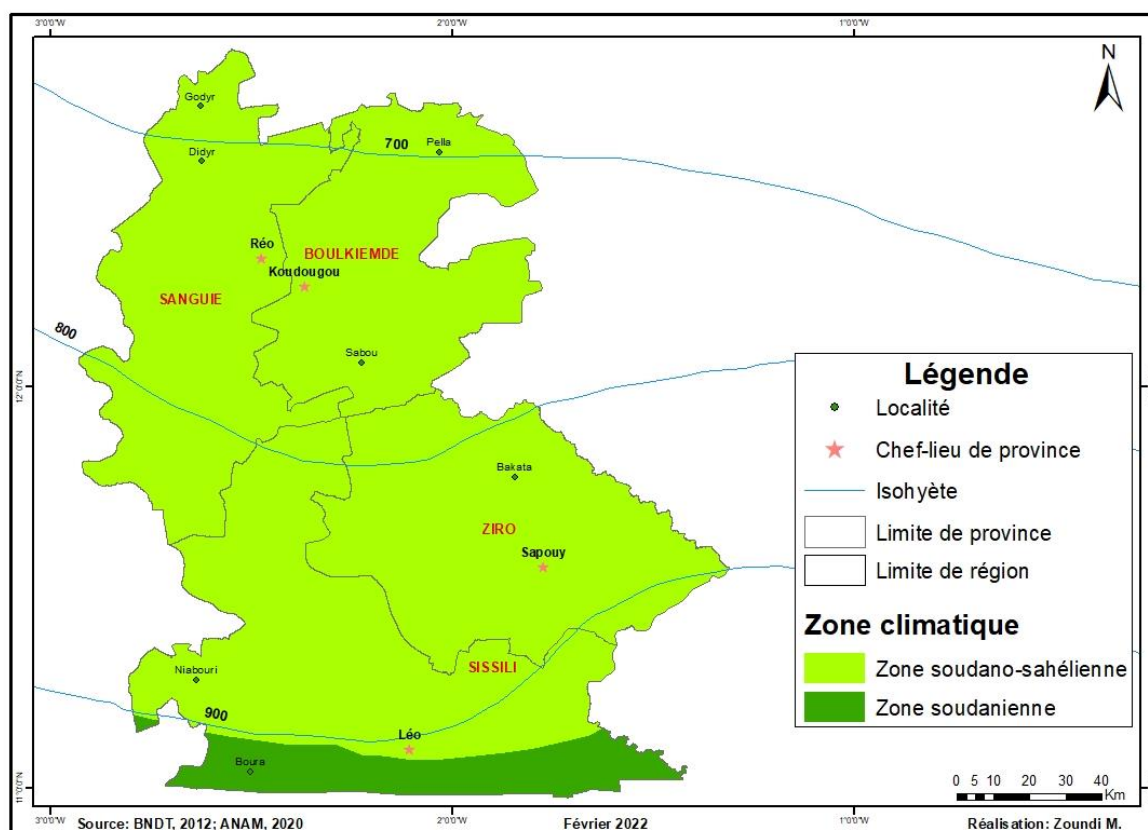
Les données climatiques utilisées sont des observations historiques sur la pluviométrie et les températures. Elles couvrent la période de 1991 à 2020 soit trente ans telle que recommandé par l'Organisation Météorologie Mondiale (OMM) pour les analyses climatiques. Elles ont été fournies par l'Agence Nationale de la Météorologie (ANAM) au format Excel, et proviennent des stations météorologiques de Koudougou, et de Ouagadougou.

L'analyse des données climatiques est une étape importante pour comprendre le changement climatique et ses impacts sur notre environnement. Les données ont subi d'abord un traitement qui a consisté à leur organisation et apurement. Les données manquantes ont été complétées par les données de la station météorologique la plus proche (Ouagadougou). Quant à l'analyse, s'est faite par mois et par année à l'aide de technique d'analyse statistique ou de visualisation afin de faire ressortir la variabilité (alternance des anomalies) et de dégager l'évolution des paramètres climatiques sur une longue série. Ainsi, nous avons calculer et analyser des valeurs centrales (moyennes) et de tendance (droite de tendance) des séries données de précipitation et de température de 1991 à 2020. Les moyennes des différents paramètres constituent un indice de l'évolution de la pluviométrie et des températures de façon générale car ils permettent de caractériser leurs tendances le long de la série [4].

3 RESULTATS

3.1 CARACTERISATION DU CLIMAT DE LA REGION DU CENTRE OUEST

La région du Centre-Ouest est soumise à deux types de climat selon la latitude (cf. Carte 1). Le climat de type soudano-sahélien caractérise la partie Nord et couvre les provinces du Boulkiemdé et du Sanguié, et une partie du Ziro et de la Sissili. Le climat de type soudanien caractérise la partie sud des provinces de la Sissili et du Ziro.

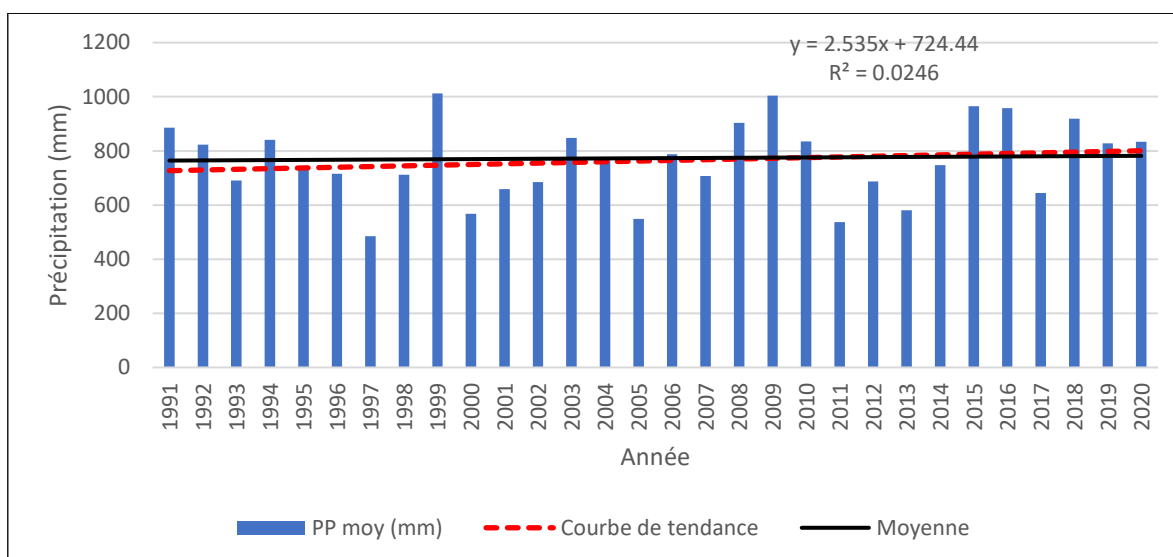


Carte 2: Les zones climatiques de la région du Centre-Ouest du Burkina Faso

La caractérisation du climat de la région s'est faite à travers l'analyse des précipitations et des températures issues des données fournies par l'Agence Nationale de la Météorologie (ANAM) du Burkina Faso.

3.2 ANALYSE DES PRÉCIPITATIONS

Au cours des trente dernières années (1991-2020), la pluviométrie a évolué en dents de scie avec une tendance légère générale à la hausse (graphique n°1). Cette légère augmentation des précipitations est confirmée par la droite de tendance et le coefficient de détermination ($R^2=0,024$). L'année 1997 est la moins pluvieuse avec 485,1 mm de pluies et celle de 1999 la plus pluvieuse avec 1012,7 mm précipitation. Quinze années sur les trente que compte la série étudiée ont des précipitations annuelles supérieures à la moyenne de la série dont la valeur est de 763,73 mm. Il s'agit des années 1991; 1992; 1994; 1999; 2003; 2004; 2006; 2008; 2009; 2010; 2015; 2016; 2018; 2019; et 2020. Les autres années enregistrent des précipitations annuelles inférieures à la moyenne de la série.



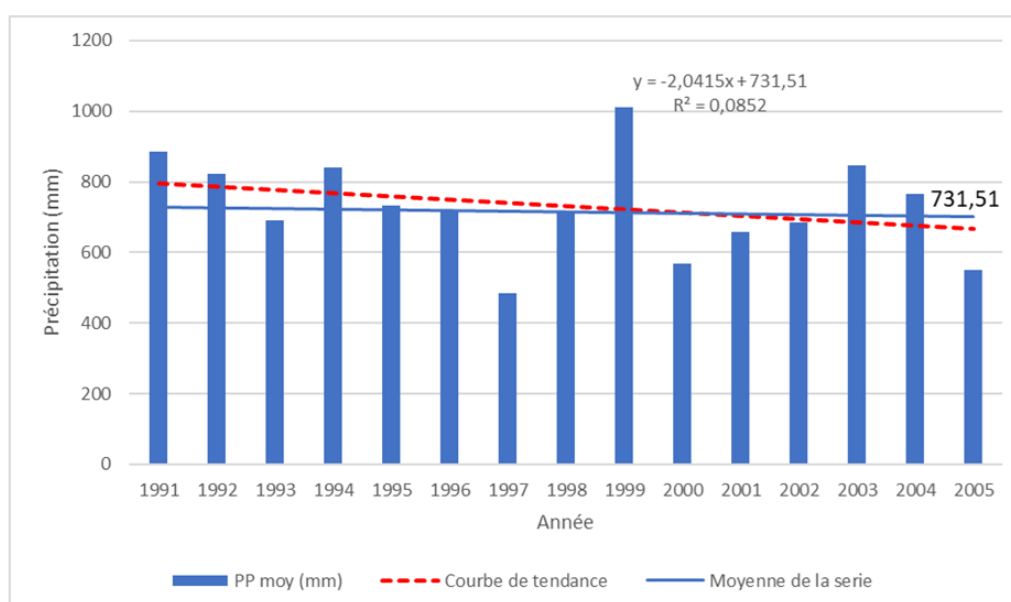
Graphique 1: Variation moyenne annuelle des précipitations de 1991 à 2020 (mm)

Source: Agence Nationale de la Météorologie (2021)

De l'observation de la figure n°1, le constat général qui se dégage est une variabilité des précipitations marquée par une succession d'années déficitaires et d'années excédentaires.

La période d'étude peut être subdivisée en deux séquences temporelles de quinze années chacune.

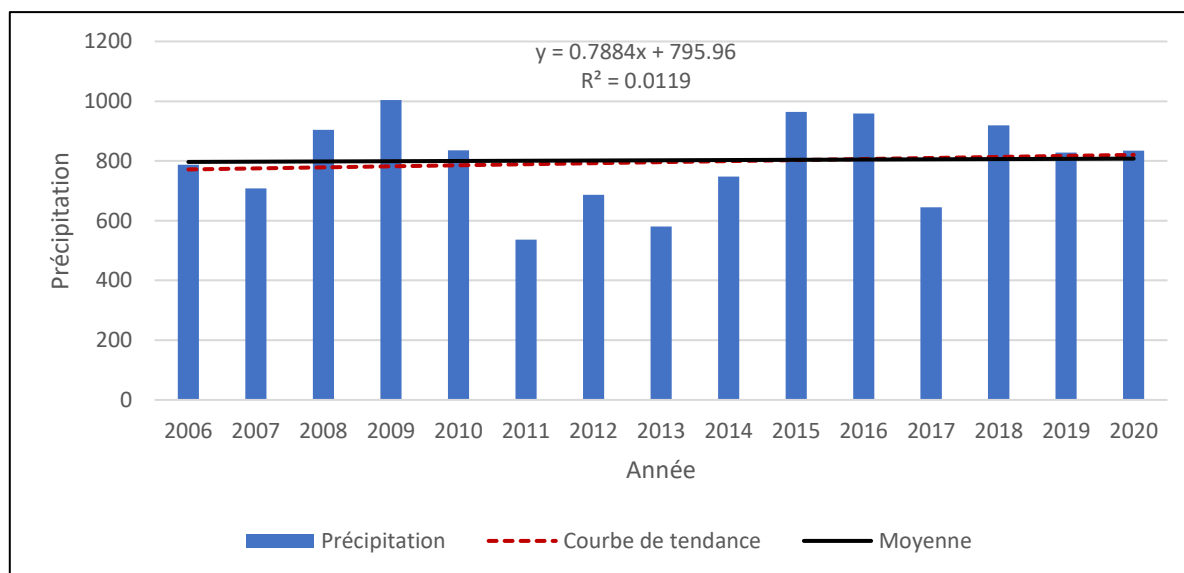
La première série (1988-2002) est une période relativement sèche. La droite de tendance indique une évolution à la baisse de la pluviométrie (Graphique n°2). La moyenne de cette période est de 705,95 mm. Neuf (09) années sur les quinze (15) que totalisent cette séquence temporelle ont des déficits pluviométriques car elles sont situées en deçà de la moyenne de la série. Trois années sur les neuf ont des déficits pluviométriques excessifs. Il s'agit de l'an 1997, de l'an 2000 et de l'an 2005. Par contre, les trois autres années de la série ont une pluviométrie normale, approximativement égale à la moyenne. Ce sont les années 1996; 1998 et 2002.



Graphique 2: Variation moyenne annuelle des précipitations de 1991 à 2005 (mm)

Source: Agence Nationale de la Météorologie (2021)

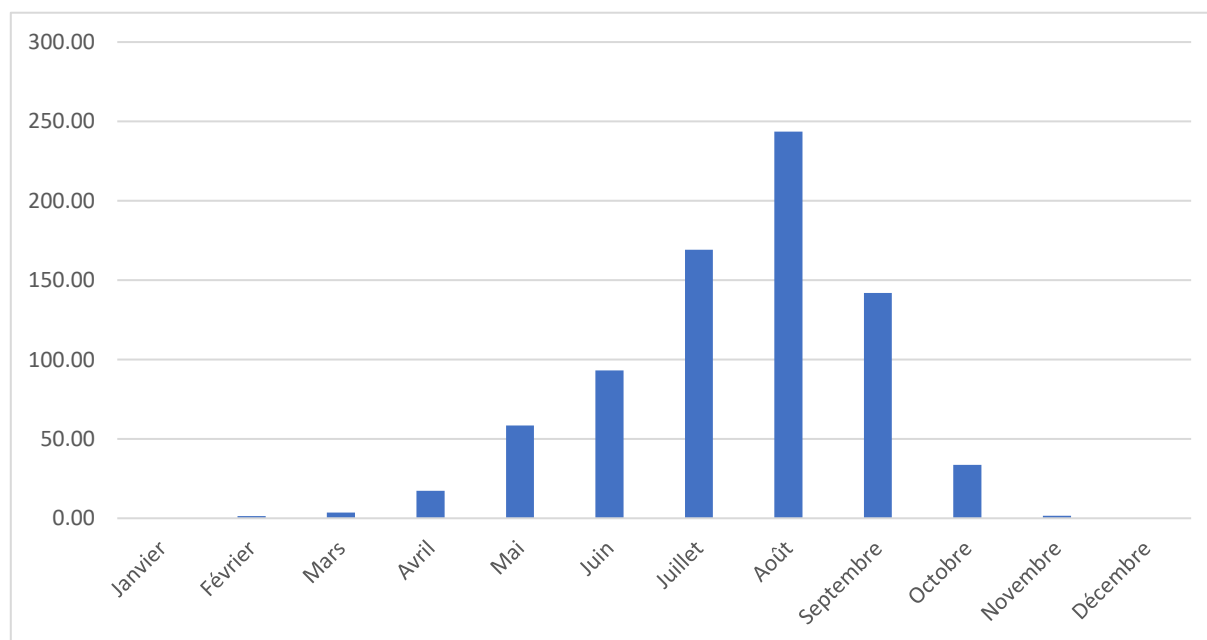
La deuxième série (2003-2017) est une période plus arrosée. La droite de tendance indique une évolution à la hausse de la pluviométrie (Graphique n°3). Sa moyenne est de 828,58 mm. Cette séquence comporte dix années de pluviométrie excédentaire situées au-dessus de la moyenne. Parmi ces années, 2012 enregistre une pluviométrie très excédentaire (1003 mm). On observe en plus un regain de l'activité pluviométrique entre 2012 et 2017 qui se maintient au-dessus de la moyenne. Les cinq autres années ont des déficits pluviométriques. Il s'agit des années 2004; 2006; 2007; 2008 et 2011.



Graphique 3: Variation moyenne annuelle des précipitations de 2006 à 2020 (mm)

Source: Agence Nationale de la Météorologie (2021)

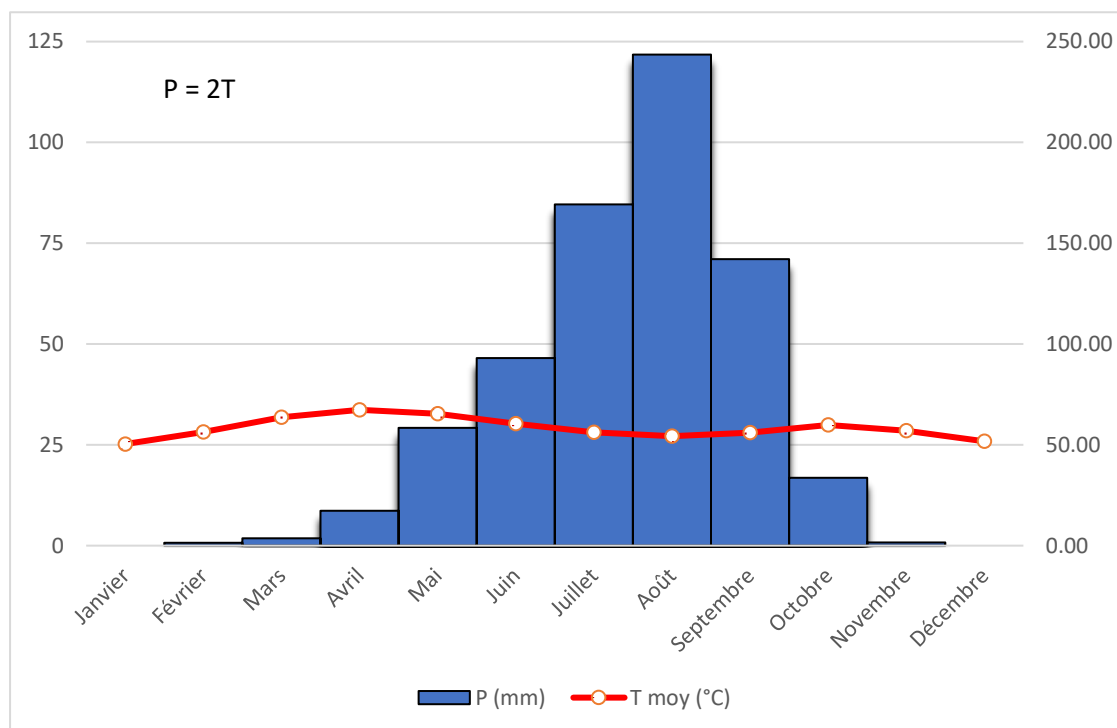
A la lecture du graphique n°4, on constate qu'au cours de la période 1991-2020, des précipitations ont été enregistrées de février à novembre. Les mois de février, novembre et mars enregistrent les moyennes pluviométriques les plus faibles avec respectivement 1,41 mm, 1,52 et 3,69 mm.



Graphique 4: Précipitation moyennes mensuelles de 1991 à 2020 (mm)

Source: Agence Nationale de la Météorologie (2021)

Le diagramme ombrothermique (graphique 5) traduit et caractérise le type de climat de la région. La région du Centre-Ouest se caractérise par deux périodes de chaleurs contrastées. La période chaude sont les mois de mars, avril, mai et juin avec une moyenne maximale de 33,68°C en moi d'avril. La période froide sont les mois de juillet, aout, septembre, octobre, novembre, décembre et janvier avec un minimum de 25,19°C en janvier. L'amplitude thermique de la période est de 8,49°C. La région connaît quatre (4) mois humides (juin à septembre) et huit (08) secs (cf. graphique 5). Le mois d'aout est le plus humide avec 243,5 mm. Les mois les plus secs restent décembre et janvier. Les précipitations enregistrées aux mois de février à mai et octobre et novembre, ont eu lieu dans la partie sud de la région qui connaît un climat de type sud-soudanien.

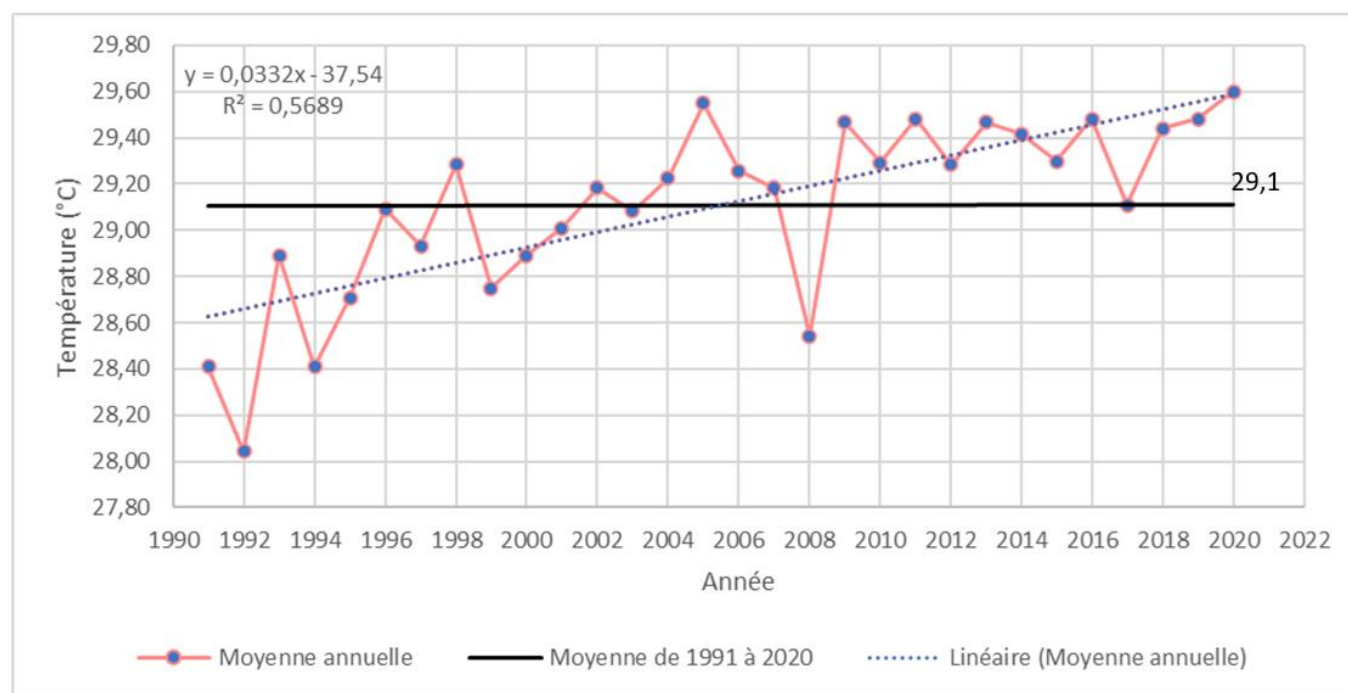


Graphique 5: Diagramme ombrothermique de 1991 à 2020

Source: Agence Nationale de la Météorologie (2021)

3.3 ANALYSE DES TEMPÉRATURES

Au cours de la période 1991-2020, les températures ont évolué en dents de scie avec une tendance générale à la hausse (graphique n°6). Cette augmentation des températures est confirmée par la droite de tendance et le coefficient de détermination ($R^2=0,5689$). La moyenne de la période est de 29,11°C. Les fortes valeurs de température sont observées en 2020 et 2005 avec respectivement 29,60°C et 29,55°C. Les faibles moyennes sont enregistrées en 1992 et 1991 avec respectivement 28,04°C et 28,41°C.



Graphique 6: Variation moyenne annuelle des températures de 1991 à 2020 (T°C)

Source: Agence Nationale de la Météorologie (2021)

Le graphique montre la température moyenne annuelle de 1990 à 2020, avec une ligne de tendance linéaire.

Il indique que la température moyenne annuelle a augmenté de manière régulière et significative sur la période étudiée, passant d'environ 28,20°C en 1990 à environ 29,40°C en 2020. Cette tendance est conforme aux données de l'Organisation météorologique mondiale, qui montrent que la température moyenne annuelle mondiale a augmenté de 1,1°C depuis la période préindustrielle (1850-1900) [5]. Cela est aussi corroboré par le PANA [6] qui montre qu'au Burkina Faso, les tendances climatiques se traduisent par une augmentation alarmante des températures moyennes de 0,8°C à l'horizon 2025 et de 1,7°C à 2050 ainsi qu'une diminution de la pluviométrie de 3,4% en 2025 et 7,3% en 2050.

La ligne de tendance linéaire montre que la variation de la température moyenne annuelle est positive et constante, avec un coefficient directeur de 0,0332 et un coefficient de détermination de 0,5689. Cela signifie que la température moyenne annuelle augmente de 0,0332°C par an, et que 56,89% de la variation de la température moyenne annuelle peut être expliquée par le temps. Cette tendance est attribuée au réchauffement climatique causé par les émissions de gaz à effet de serre d'origine anthropique, comme le confirme le rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [7].

4 DISCUSSION

Les résultats illustrent un phénomène de réchauffement climatique, qui se traduit par une hausse continue et significative de la température moyenne annuelle. Ce phénomène a des conséquences néfastes sur l'environnement et la société, notamment sur l'agriculture, la santé, la biodiversité, etc. En effet, faut-il le rappeler, les changements climatiques sont l'un des phénomènes les plus importants de notre époque, surtout en Afrique de l'ouest, où ils représentent une grande menace pour l'agriculture et le développement durable [8], [9], [10]. Ces variabilités climatiques ont donc un impact direct sur la production agricole, car les systèmes agricoles dépendent en partie des caprices du climat ([11], [12]. Selon le rapport du GIEC [13], les plus vulnérables seront les communautés pauvres à cause de leurs capacités d'adaptation limitées et de leur grande dépendance des ressources en eau et des systèmes de production agricole. Dans la majorité des pays et régions d'Afrique, on s'attend à ce que la production agricole et l'accès à la nourriture soient sérieusement touchés par les aléas climatiques [14].

Les changements climatiques actuels constituent donc un des nombreux obstacles au développement socioéconomique des populations [15]. C'est notamment le secteur agricole qui est le plus affecté dans les pays en développement d'Afrique occidentale. Les populations de ces pays sont majoritairement rurales et exploitent des systèmes de production dont les performances sont intimement soumises au climat [16]. En effet, les conditions de production agricole sont rendues de plus

en plus difficiles par ses aléas climatiques [17]. Aussi, certains auteurs ont estimé que le réchauffement climatique a réduit la production agricole mondiale de 3,8% pour le maïs et de 5,5% pour le blé entre 1980 et 2008 [18].

5 CONCLUSION

Les analyses des paramètres de pluviométrie et de température de la série de données de 1990 à 2024 de la région du Centre Ouest du Burkina, nous enseignent d'un climat fortement variable avec une tendance continue et régulière à la hausse des températures. Les résultats corroborent avec ceux d'études antérieures à l'échelle mondiale, continentale ou sous régionale comme (GIEC par exemple). Les activités économiques et les pratiques d'adaptation, doivent donc s'orienter vers l'efficacité et se mettre dans un processus de résilience au climat changeant.

REFERENCES

- [1] BAMBARA D; THIOMBIANO A. & HIEN V., «Changements Climatiques En Zones Nord-Soudanienne Et Sub-Sahélienne Du Burkina Faso: Comparaison Entre Savoirs Paysans Et Connaissances Scientifiques», *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, Vol. 71, pp. 35-58, 2016.
- [2] DIPAMA J-M., «Approche spatiale du phénomène du réchauffement climatique à l'échelle du Burkina Faso et perception des populations», in *Climat et Développement* n°16 pp.36- 49, 2014.
- [3] OUEDRAOGO I., ZOUNDI M. et BONKOUNGOU J., «Constat scientifique de l'évolution des précipitations et des températures dans la commune de Korsimoro au centre-nord du Burkina Faso», *Revue hybrides* vol. 2, n° 3 – mai. 2024, pp. 134- 142, 2024.
- [4] OUEDRAOGO I., ZOUNDI M. et BONKOUNGOU J., «Constat scientifique de l'évolution des précipitations et des températures dans la commune de Korsimoro au centre-nord du Burkina Faso», *Revue hybrides* vol. 2, n° 3 – mai. 2024, pp. 134- 142, 2024.
- [5] OMM, État du climat mondial en 2019, Organisation météorologique mondiale (2020).
https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10444
- [6] BOGNINI S., Impacts des changements climatiques sur les cultures maraîchères au nord du Burkina Faso: cas de Ouahigouya, Rapport d'étude, pp 38, 2010.
- [7] GIEC, Changements climatiques 2014: Synthèse.
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_fr.pdf (2014).
- [8] ALHASSANE A. et al., Evolution des risques agro climatiques associés aux tendances récentes du régime pluviométrique en Afrique de l'Ouest soudano-sahélienne Centre régional Agrhymet BP 11011 Boulevard de l'Université Niamey (Niger). Article de recherche *Sécheresse*, 24: pp 282–293, 2013.
- [9] Dipama J-M., Changement climatique et agriculture durable au Burkina Faso: stratégies de résiliences basées sur les savoirs locaux. Rapport d'étude, pp 36, 2016.
- [10] BA D.D., Variabilité pluviométrique et évolution de la sécheresse climatique dans vallée du fleuve Sénégal. Etudes togolaises «Revue Togolaise des Sciences» Institut National de la Recherche Scientifique (INRS) BP 2240 LOME – TOGO Vol 12, n°1 – Janvier – Juin 2018 - ISSN 0531 – 2051, pp 57-71, 2018.
- [11] Mertz, O., Mbow, C., Reenberg, A. et al. «Farmers' Perceptions of Climate Change and Agricultural Adaptation Strategies» in *Rural Sahel. Environmental Management* 43, 804–816 (2009). <https://doi.org/10.1007/s00267-008-9197-0> (2009).
- [12] VODOUNOU J-B. K. ET DOUBOGAN Y.O., Agriculture paysanne et stratégies d'adaptation au changement climatique au Nord-Bénin, pp 26, 2016.
- [13] GIEC, Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Équipe de rédaction principale, Pachauri, R.K. et Reisinger, A. (publié sous la direction de)]. GIEC, Genève, Suisse, pp. 114, 2007.
- [14] ATIDEGLA S. C. et al., Variabilité climatique et production maraîchère dans la plaine inondable d'Ahomay-Gblon au Bénin, pp 2254-2269, 2017.
- [15] BAMBARA D; THIOMBIANO A. & HIEN V., «Changements Climatiques En Zones Nord-Soudanienne Et Sub-Sahélienne Du Burkina Faso: Comparaison Entre Savoirs Paysans Et Connaissances Scientifiques», *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, Vol. 71, pp 35-58, 2016.
- [16] ALHASSANE A. et al., Evolution des risques agro climatiques associés aux tendances récentes du régime pluviométrique en Afrique de l'Ouest soudano-sahélienne Centre régional Agrhymet BP 11011 Boulevard de l'Université Niamey (Niger). Article de recherche *Sécheresse*, 24: pp 282–293, 2013.
- [17] VODOUNOU J-B. K. ET DOUBOGAN Y.O., Agriculture paysanne et stratégies d'adaptation au changement climatique au Nord-Bénin, pp 26, 2016.
- [18] Lobell, D. B., Schlenker, W., & Costa-Roberts, J., Climate trends and global crop production since 1980. *Science*, 333 (6042), 616-620. <https://doi.org/10.1126/science.1204531> (2011).

ANALYSIS OF THE PERFORMANCE OF BURKINA FASO NATIONAL FOOTBALL TEAM DURING THE LAST THREE EDITIONS OF AFRICAN FOOTBALL CUP OF NATIONS (2015, 2017, 2019)

Iloubo SALFO¹, Songuifolo YEO², Ouambi ZONGO¹, Flore SONGNABA³, and Nadine HASHAR-NOE⁴

¹Institute of Sciences and Techniques of Physical and Sports Activities, Burkina Faso

²National Institute of Youth and Sports of Houphouët Boigny University of Abidjan, Côte d'Ivoire

³Thomas Sankara University of Ouagadougou, Burkina Faso

⁴University of Toulouse 3, France

Copyright © 2024 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: Sport in general and football in particular has evolved exponentially since its introduction to Africa through settlers. A framework for the expression of different football nations, the African Football Cup of Nations, which is organized every two years, allows the different national teams to measure themselves and evaluate the degree of progress in this discipline. The Burkinabè national football team «Stallions» participates with checkered results in recent years. The objective of this research was to study the factors which explain the instability of the performance of the Stallions during the last three (3) editions of the African Cup of Nations. A qualitative methodological approach made it possible to investigate with 30 people made up of players, technical staff, executives from the Ministry of Sports and Leisure, federal members, sports journalists and supporters. The results obtained show that the Stallions have quality players and have encountered opponents of a somewhat high level. It also appears that poor management of the workforce caused the poor results. There is a need for reorganization and rejuvenation of the national team.

KEYWORDS: Performance, National team, African Cup of Nations, Burkina Faso.

1 INTRODUCTION AND JUSTIFICATION OF THE SUBJECT

Sport today has become a social, complex and large-scale phenomenon. It includes all the influences of our century. It is the modern expression of great cultural traditions of the past. Without this sporting spirit, the pursuit of fair and peaceful competition between nations could not have been imagined. It is also experiencing an evolution such that this reveals very close interactions between its practice and other fields of human activity: political, ideological, social and cultural due to the strong impetus of political actors in the sports system in all areas. countries and especially in developing ones (Dakpo, 2003).

Of all the sporting disciplines, football, commonly known as the “king sport”, is undoubtedly the one that is best known, even the most practiced, throughout the world and therefore constitutes a social specificity that generates unambiguous economic benefits. The simplicity of the game largely explains its success. Indeed, football has, particularly in Africa, the status of a special sport and the African Football Cup of Nations (CAN) is one of the most important continental sporting competitions. It represents a favorable niche for recruiting African players for clubs in Western countries.

In Africa, the African Cup of Nations (CAN), officially called the Total African Cup of Nations, is the most important African football competition. It is organized by the Confederation of African Football (CAF) and brings together African national A teams

every two years. But, from 2013, it will maintain the same cadence, but it will only be contested in odd years, in order to avoid it coinciding with the Football World Cup which takes place every four years.

The CAN progress follows simple rules. African countries participate in a tournament at the end of which the sixteen best national teams, including that of the organizing country or the organizing countries (case of co-organization), are authorized to participate in the final phase. But from the thirty second editions organized in Egypt in 2019, the competition will undergo a modification where it will increase from sixteen to twenty-four teams. The tournament consists of five stages. The twenty-four qualified teams are divided into six groups from four countries. At the first stage, that is to say, in the round of 16, each team plays three matches and at the end of which the first two teams in each group plus the four best third-placed teams are qualified to continue the competition. During this first round, the performance criteria are: in the event of a draw, each team earns one point, victory gives the right to three points and, on the other hand, defeat gives zero points. After this first stage, sixteen teams are authorized to play the round of 16.

From the second stage onwards, the matches are direct eliminations, only the victorious nations must continue to the quarter-finals and only eight teams are selected for the quarter-finals. In the third stage, the four winning teams play the semi-finals or at the end of which the two best teams face each other in the final, while the two losers play the classification match. Thus, at the end of the competition, the three best nations are rewarded. In addition to the cash rewards, the significant rewards in kind are: at the final, the winner obtains the CAN trophy and receives the gold medal, the defeated team in the final occupies second place and receives the silver medal. The victorious team in the small final occupies third place and receives the bronze medal as a reward. At the end of each edition, the twenty-four countries are ranked according to their performance.

Burkina Faso, as part of the development of sport, adopted its first national sports policy adopted in September 2007, with the overall objective of "making the sports sector a tool for social and economic development, a means of international influence and a factor strengthening cooperation with other nations" (PNS, 2007). The second national policy was created in November 2017, with the objective of "qualitatively transforming the management of sport and leisure for social well-being, national cohesion, the creation of wealth and jobs and international influence" (PNSL, 2016-2020). At the associative level, in this case football, the FBF also developed in 2014 its reference document called "Federal Football Development Policy (PFDF)" with the overall objective by 2025 of making football "a tool of social and economic development, a means of international influence and a factor in strengthening cooperation with other nations."

These three policies make the "international influence of Burkina Faso" an important part. However, in recent years we have noted an instability in the performance of Senior football stallions at the different editions of the CAN, a major competition in this discipline. By referring to the last three editions, we can draw some conclusions.

Indeed, after its brilliant participation during the previous edition, Burkina Faso is expected at the CAN 2015 edition. But the Stallions fail in the group stage, suffering two defeats against Gabon and Congo and a draw against Equatorial Guinea, host of the competition.

The Stallions returned to form two years later, during CAN 2017, while Paulo Duarte has been national coach again since 2016. In group A, they start with two draws against Cameroon and Gabon (host country), then finished with a victory against Guinea-Bissau, which allowed them to finish at the top of the group ahead of Cameroon, thanks to goal difference. In the quarter-finals, the Burkinabes won against the Tunisians thanks to two goals scored late in the game. They then face Egypt in the semi-final. Their opponents opened the scoring in the second period then the Étalons equalized seven minutes later. The victory was decided on penalties, which Egypt won 4 to 3. During the small final, Burkina seized third place in the competition by beating Ghana 1 to 0 thanks to a goal from Alain Traoré from a free kick in the 89th minute. The Stallions finish on the CAN podium for the second time in their history, four years after second place acquired in South Africa

But in 2019, even a final success at home, against Mauritania (1-0), was not enough to reverse the trend. The fault of Angola who, by winning a narrow victory against modest Botswana (0-1), deprived the third in the last African Cup of a new continental meeting. For the first time since 2008, Burkina Faso will not participate in the final phase of the CAN.

To our knowledge, no study has explored the question of the performance of the national A football team in Burkina Faso. It is in this sense that this research takes place with the central research question: what are the factors which explain the instability of the performance of Stallions? This central research question leads us to formulate the general objective of our research which is to study the factors which explain the instability of the performance of the Stallions during the last three (3) editions (2015, 2017, 2019) of the African Cup of Nations. This general objective is subdivided into two specific objectives, namely:

- check the quality of the players and the level of the opponents of the Burkinabè Football Stallions during the last three editions;
- describe the organizational environment of the participation of the Burkinabè Football Stallions during the last three editions
- The answer to this question led us to put forward two hypotheses as follows:
- the quality of the players and the high level of the opponents had a negative impact on the performance of the Stallions during the CAN 2015, 2017 and 2019;
- the poor performance during the participation of the Football Stallions during the CAN 2015, 2017 and 2019 is due to the organizational environment

2 METHODOLOGICAL APPROACH

2.1 PRESENTATION OF THE STUDY AREA

This study was carried out in the city of Ouagadougou, capital of Burkina Faso. The choice of Ouagadougou is explained by the fact that all the institutions are located there and accommodate the entire population concerned by the survey. In addition to this, most of a national grouping of Stallions takes place in said city.

2.2 NATURE AND FRAMEWORK OF THE RESEARCH

This is qualitative cross-sectional research. It was carried out at the Institute of Sports Sciences and Human Development in Ouagadougou.

2.3 RESEARCH POPULATION AND SAMPLING

2.3.1 THE STUDY POPULATION

To better understand the parameters of the study, the actors involved directly or indirectly in achieving these performances were targeted. These are,

- the selected players;
- the technical staff of the three editions;
- members of the Burkinabè Football Federation for the 2012-2016 and 2016-2020 mandates;
- executives of the Ministry of Sports and Leisure, as well as;
- sports journalists and;
- the National Union of Stallion Supporters (UNSE)

First, the choice of players and technical staff is justified by the fact that they experience the realities of the national team, therefore constitute actors likely to bring substance to our study. Then, the presence of members of the FBF is explained by their administrative functions and their knowledge of the discipline. Finally, the presence of sports journalists is justified by the fact that they have knowledge of the discipline and have accompanied the team. The supporters, for their part, play the role of twelfth players of the national team in each outing.

2.3.2 STUDY SAMPLING

Non-random sampling method and purposive choice technique were used. Thus, players and technical staff who have participated in at least two editions of the CAN are authorized in our study sample. Only federal members of the 2012-2016 and 2016-2020 terms as well as MSL executives who held technical positions during the period of the three editions could belong to the population. For journalists, those in activity before the 2017 edition and having accompanied the Stallions in at least two CANs could be considered subjects to investigate. Supporters had to be members of the union and holder of a valid membership card and who had taken outings with the national team. Any player, technical staff, MSL executives, federal member, journalist or supporter who does not meet the aforementioned criteria are excluded from our population.

The sample is composed of 30 subjects and distributed as indicated in the table below.

Table 1. Distribution of the sample

	Surveyed sample	Effective
1	Players	8
2	Technical staff	8
3	Federal members	4
4	MSL executives	4
5	Sports journalists	3
6	Supporters	3
	Total	30

Source: Survey results (2021)

2.4 DATA COLLECTION TECHNIQUE AND TOOLS

2.4.1 DATA COLLECTION TECHNIQUE

To collect the data, a single technique was used: an interview survey between investigator-respondent. According to Blanchet and Gotman (1992) the interview survey is relevant for “analyzing the meaning that actors give to their practices (...), highlighting the value systems and normative benchmarks from which they orient themselves and determine”. It is from this perspective that the semi-structured research interview was favored as a tool for questioning stakeholders.

2.4.2 DATA COLLECTION TOOLS: THE INTERVIEW GUIDE

As part of our research, the interview guide was used to collect data. It is a means used during an interaction between interviewer and interviewee whose aim is to collect arguments or speeches. Gavard-Perret et al, (2008, p.96) defines it as the inventory of themes to be addressed during the interview and the factual data which, at one given moment or another of the exchange, will make the subject of intervention by the investigator if the respondent does not approach them spontaneously. The interview guide is intended for all subjects in the population surveyed. It was organized around two main themes. The first relates to the quality of the players and the level of the opponents. The second on the organizational environment of the qualifiers and the participation of the football Stallions.

This guide was pre-tested with a very small number of the study population. This preliminary measurement made it possible to identify inadequacies and imperfections which were taken into account in the development of the final tools.

2.5 PROCESS OF DATA COLLECTION

Data collection from players and technical staff took place during the regrouping period. As for the other subjects of the population, the interview took place by appointment at the place of their convenience, especially for journalists, supporters, as well as players who are no longer active.

2.6 DATA PROCESSING AND USE

The data collected through the interview was transcribed to constitute “verbatim”. These verbatim statements were thematically sorted in relation to the research objectives.

3 RESULTS

3.1 IN THE OPINION OF THE RESPONDENTS ON THE PERFORMANCE OF THE STALLIONS

On the question of the performance of the Stallions during the last three editions of the CAN, the majority of the subjects surveyed find that the results obtained are unstable, seesawing. They find that after a 2nd place in 2013, Burkina had to qualify for the quarter-finals and that on top of that, non-qualification for CAN 2019 is not normal. One of the respondents speaking about the performance said that it was: “a rollercoaster performance. No regularity in results. Which means we don’t know the exact level of our football. After 2013, we had to do everything to stay the course, so performances are not satisfactory.” Another respondent adds that: “I notice an instability of the team, therefore a problem of positioning on the African level” On the other hand, a minority finds this performance good. And one respondent from this group stated that: “I think the

performance achieved is satisfactory. I find that two out of three final phases played are good. There are countries that have only played one final phase and others even have zero qualifications out of the three. So let's not blame the team."

3.2 THE QUALITY OF THE PLAYERS AND THE LEVEL OF THE OPPONENTS OF THE BURKINABÈ FOOTBALL STALLIONS DURING THE LAST THREE EDITIONS

3.2.1 THE QUALITY OF THE PLAYERS

After the status of vice-champions of Africa 2013, the Stallions aimed to confirm at least this status of vice-vice-champions of Africa. In this regard, Paul PUT affirmed in 2015 to the press, the following: "It is true that we were vice-champions but that belongs to the past and we must now think about the future by confirming our value. It's also up to the players to prove their qualities. I trust them" (www.aa.com.fr 2015).

Housed in group A with Congo, Gabon and Equatorial Guinea, the Stallions of Burkina had to get rid of these teams and be able to play the quarter-finals. The Stallions, after three matches played in this group A, only had one draw, zero victories and two defeats. The Burkinabè national team with a total of one (1) point and with only one (1) goal scored is eliminated from the group stages of the competition and sees their initial objective limited to this stage of the CAN. In the general classification, Burkina Faso occupied last place in the competition.

The 2017 edition, the 31st CAN, took place in Gabon from January 17 to February 5, 2017 in four (4) cities in the country. In addition to host country Gabon, the Stallions had to compete for the two qualifying places in the quarter-finals with Cameroon and Guinea Bissau. A group considered strong with the presence of the host country, Cameroon known as a great football nation and Burkina-Faso, African vice-champion in 2013. At the end of the 3rd day of group matches, Burkina finished first and sees its objective achieved which was to do better than the 2015 edition.

The Stallions of Burkina after qualifying for the quarter-final, eliminated Tunisia but failed against Egypt after penalties. Burkina will win the bronze medal, synonymous with a 3rd place against Ghana, improving at the same time its continental ranking. From 16th place in 2015, the Stallions jumped 13 places to reach 3rd place in the 2017 edition.

Housed in Group I of the CAN 2019 qualifiers, Les Etalons competed for the two qualifying places with Angola, Mauritania and Botswana. Recent 3rd in the previous edition, and a group within their reach, the Stallions will not achieve their objective which was to qualify for the 32nd African Cup of Nations. After the 6th day of the qualifiers, the Stallions of Burkina found themselves in 3rd place in Group I, synonymous with non-qualification for the celebration of African football.

We note the absence of Burkina Faso in this ranking due to its non-qualification for the final phase of this CAN, but occupied 12th place in the CAF annual ranking.

PARTIAL CONCLUSION

After three contested editions, we notice that the Stallions of Burkina have recorded unstable results from one edition to another (see the graph)

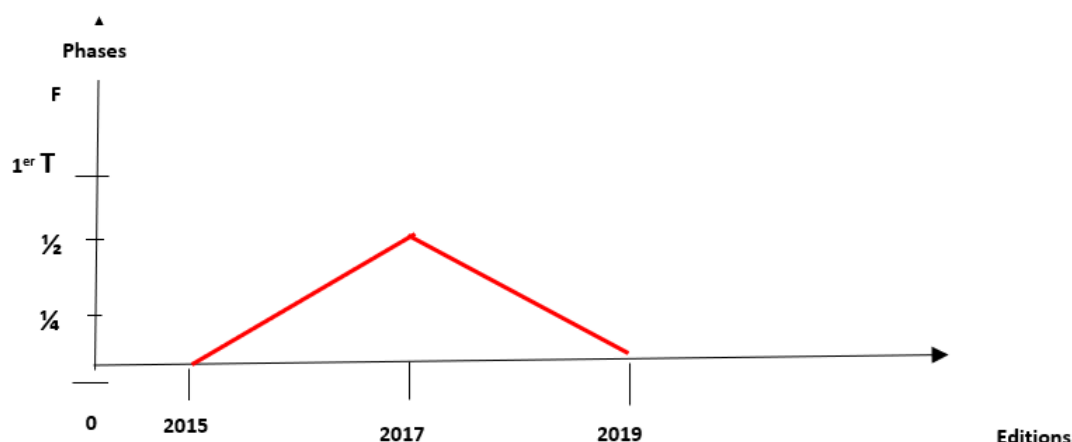


Fig. 1. Standard results

On this point, the majority of those surveyed found that the squad available to the selectors was made up of talented players ready to wear the jersey for the honor of the country. One of the respondents said that "it is the continuity of the CAN 2013 with almost the same squad, the same tenors and that the poor performance of 2015 is due to other factors and not to the quality of the men selected by the coach ". Another added that: "since 2010, the various technical staff have been able to forge a combative workforce and this is what explains the presence of Burkina almost at each CAN even if the results are not always up to our expectations. expectations". Those who do not have the same opinion as the previous ones think that the explanation for this instability in the performance of the national team lies elsewhere. For one of them "lack of motivation, the luck or bad luck factor can influence the achievement of this result".

Another added that: "In the 2019 qualifiers, the ranking proposed by the technical staff was not. We saw team executives who did not have playing time in their club, therefore a lack of competition in the leg who were starters in the national team. Having competition in your legs helps optimize performance."

3.2.2 THE QUALITY OF THE OPPONENTS

Table 2. FIFA 2014 ranking as of December 18, 2014

Countries	Congo	Burkina Faso	Gabon	Equatorial Guinea
Rank	56	63	65	120

Sources: <https://www.lequipe.fr/Football/fifa/annee-2018/page-ranking-equipes/general>

Table 3. FIFA 2016 ranking as of December 22, 2016

Pays	Tunisia	Egypt	Burkina-Faso	Cameroon	Guinea Bissau	Gabon
Rang	35	36	50	65	68	110

Sources: <https://www.lequipe.fr/Football/fifa/annee-2018/page-ranking-equipes/general>

Table 4. FIFA 2018 ranking as of December 20, 2018

Pays	Burkina-Faso	Mauritania	Angola	Botswana
Rang	61	101	125	145

Sources: <https://www.lequipe.fr/Football/fifa/annee-2018/page-ranking-equipes/general>

Looking at the FIFA rankings, just before each edition, we can see that the majority of the stallions' opponents are less rated. This observation is confirmed by the majority of surveys. Some believe that at the 2015 CAN as well as the qualifiers for the 2019 edition, Burkina had its place among the elite but internal and external problems contributed to this result. An interviewee expressed it as follows: "it was not the opponents who were stronger than Burkina, I think the problem is extra-sporting. Added to this is political instability (popular insurrection) and lack of will." And another added that: "The Stallions did not play with the same system as in 2013 where they played in a middle and low block and proceeded with counterattacks. In 2015 they played open. As a result, they come back with just one point and just one goal scored."

Only a few people interviewed find that the Stallions fell into a tough group, especially at the final phase of CAN 2015 with the host country in the same group. So, they had to fight with Gabon also for 2nd place who were almost playing at home. Some added that it was the euphoria of 2nd place obtained in 2013 which gave excess confidence to Burkina. The respondents also say that in the CAN 2019 qualifiers, that certainly there was the level of the opponents but the Stallions failed from the first day. One respondent mentioned that "It is true that the level of the group was high because any country which enters into a competition has the primary objective of qualifying. Burkina simply underestimated Mauritania."

3.3 THE ORGANIZATIONAL ENVIRONMENT OF THE PARTICIPATION OF THE BURKINABÈ FOOTBALL STALLIONS DURING THE LAST THREE

3.3.1 PREPARATION: TRAINING COURSE, FRIENDLY MATCHES

The majority of respondents found that Burkina Faso's preparation for the various competitions did not live up to their expectations and that this must have had an impact on the achievement of Burkina Faso's performance. They expected more friendly matches and more time for training courses even if they had to start without the expatriate players. It was then that a person interviewed said that: "the technical staff had to plan more matches taking into account the level and the playing system

of our opponents in order to be able to adapt or modify our playing system according to the oppositions. ". On the other hand, there is this minority of respondents who think that the preparation of the Burkinabè team was good. "If the Stallions were 3rd in 2017 and played the final phase in 2015, it's because they had good preparation," said one respondent.

3.3.2 PARTICIPATION (MOTIVATION FACTORS, GROUP ATMOSPHERE, CLIMATE, ETC.)

On this question, the majority of people surveyed say that the management of the squad was not good in the 2019 CAN qualifiers and that the atmosphere within the group was not that good either. They let us know that the squad was aging and that it was necessary to mix young people with older players, something which was not the case and this impacted the performance of the team. The respondents added that the atmosphere in the Stallions locker room was not good where tensions were noted between players during training courses. An interviewee said that "During the preparation camp in South Africa for CAN 2015, a fight broke out between team executives who belonged to sub-groups. They dragged this tension until the final phase and it was detrimental for Burkina." Another interviewee added that "PITROIIPA's international retirement is linked to this deleterious climate within the workforce and he is someone who could always bring something to the team, especially in the 2019 qualifiers" One person adds that "the non-qualification in 2019 is due to stubbornness with an aging group, cadets who are all-powerful and resistant to questioning everything. However, some respondents find that the atmosphere and atmosphere within the group has always been good. One respondent said that: "if the atmosphere within the workforce was not good, it would be felt on the ground. Their performance was always good, the players always played together, no story of individuality on the pitch. So, I think the atmosphere and the climate were good."

4 DISCUSSION

4.1 A COMPETITIVE TEAM AND SLIGHTLY SUPERIOR TO OPPONENTS IN QUALITY DURING THE LAST THREE EDITIONS

With reference to the results of our interviews, the population surveyed found that the Etalons had very good quality players. Indeed, with the high level of the African Cup of Nations (CAN) from edition to edition, national teams must have efficient, professional players who have playing time in their clubs in order to be competitive on the international level. The results are confirmed by one of the respondents who believes that: "The quality of the players is the strength of a team".

These results are supported by authors who emphasize that individual skills, knowledge and capabilities today represent a new form of capital, a source of performance and competitive advantages (Schuler and Macmillan, 1984; Ulrich, 1991; Wright, McMahon and McWilliams, 1994). According to human capital theory (Becker, 1962), professional experience can be defined as an accumulation of skills, knowledge and abilities that have the same properties as other types of capital present in the company (Richter and Schmidt, 2006).

Isn't the quality of the men explained by the experience that the player has accumulated with the number of his selection? This question finds its answer in the work of certain authors who find that the experience accumulated in a position or function implies "An accumulation of knowledge specific to work from the activity, practice and perception of tasks and duties associated with this specific work" (Sturman, 2003, p.611). This type of experience can be considered as an identity marker which provides information on the type of skills and knowledge brought by the individual and the effects specific and distinct from those generated by the experience accumulated within the organization (Tesluk and Jacobs, 1998).

It appears from the survey that the majority of those interviewed believe that the stallions were a level above their opponents. When we take a look at the composition of the Stallions group at CAN 2015, we see that there were no strong teams. But don't we say that the performance of a team depends on the opponents it faces?

This allows us to affirm that our hypothesis according to which the low quality of the players and the high level of the opponents had a negative impact on the performance of the Stallions during the CAN 2015, 2017 and 2019 is invalidated.

4.2 AN ORGANIZATIONAL FRAMEWORK TO IMPROVE IN PREPARATION AND PARTICIPATION

The study carried out shows in terms of results that the people interviewed found that the preparations of the Stallions did not live up to the ambitions. From these results, it appears that the performance of a team is linked not only to the quality of the people it has but also to the quality of the preparation carried out to achieve its objectives. To support the results of the survey, one respondent made these comments: "An ambitious team that wants to go far must focus on its preparation by increasing the number of friendly matches while not neglecting the opponents." Preparation goes hand in hand with technical-tactical work, participation in friendly matches and a healthy lifestyle (sleep and nutrition). It is only with a program that takes

into account all these conditions that we will succeed in obtaining the physique, technique and mentality to succeed in competition.

This study highlights the bad atmosphere in the Burkinabe national team (2015 and 2019 edition) and the poor management of the squad. The population surveyed believes that the management of the team was not good, with a group climate that was harmful. The technicians of the world of football are unanimous on one point; performance is linked to good management of the workforce and above all to the relationship between the players themselves but also between the players and the coach. Don't we say that good group management optimizes the group's results?

The Stallions squad was aging and had an impact on the performance of the national team while the work of Ali and Davies (2003) maintains that age is a factor directly and positively linked to professional experience.

Research interested in the relationship between age and performance has for a long time confirmed theoretical considerations such as those of the current decremental theory of aging (Welford, 1965) according to which older individuals encounter new difficulties linked to the decrease in their motor (Giniger, Dispenzieri and Einsenberg, 1983) or intellectual (Salthouse, 1991) capacities. These are therefore all elements which can constitute strong obstacles to individual performance. As the work of Sturman (2003) reminds us, other authors have developed this negative vision by highlighting the decline in ambition and general motivation of individuals to highlight the negative impact of age on performance. (Wright and Hamilton, 1978; Rhodes, 1983; Giblin, 1986; Judge and Locke, 1993). Taking into consideration the worker's environment within the organization fuels this negative relationship in the sense that it offers them fewer opportunities such as training or individual increases and consequently, individual performance in this function. (Weiss, 1995; Ehrenberg and Smith, 2000). However, some authors (Lawrence, 1988; Mc Daniel, Schmidt and Hunter, 1988; McEvoy and Cascio, 1989) have shown that the accumulation of experience at the position or function level does not lead to an improvement in performance. Although performance gains can be made, they are usually made early in a career and then decline over time.

In view of the above results, we can affirm that our hypothesis according to which the organizational environment of the participation of the football Stallions during the CAN 2015, 2017 and 2019 was not conducive to the production of performance is confirmed.

5 CONCLUSION

Sport is no longer a simple human activity. It is a social phenomenon which contributes to the achievement of strategic objectives of solidarity and prosperity of its practitioners by conveying the values of respect, tolerance, mutual understanding and education in accordance with the principles of society. It will experience a remarkable evolution in most continents including the African continent and which will lead it to leave its playful framework to move towards competition, hence the African Cup of Nations football.

In doing so, the general objective of this research was to study the factors which explain the instability of the performance of the Stallions during the last three editions of the CAN. Specifically, the aim was first to identify the quality of the players and the level of the opponents of the Burkina Faso football Stallions during the last three editions, then to describe the organizational environment of the qualifiers and the participation of the Football Stallions. in these three editions. The hypotheses formulated for this study were firstly, that the quality of the players and the level of the opponents influenced the performance of the Burkinabè football Stallions during the last three editions that the organizational environment of the participation of the Burkinabè football Stallions had a negative impact also this performance.

To achieve our objectives, we carried out a literature review which allowed us to adopt a methodology. We also conducted interviews with 30 people made up of players, coaches, federal members, MSL executives, sports journalists and supporters.

The results of this research initially show that the Burkina Faso national team has had quality players since 2010 but the management and atmosphere within the group have contributed to the team's mixed results. To this, it must be added that the level of the opponents and the quality of their preparation also impacted the performance of the Stallions.

However, the fact that the study focuses only on performance in terms of results certainly constitutes its main limitation because performance encompasses several factors such as motivation, mental preparation, social, economic factors, etc. The study allowed us to know the factors which explain the instability of the performance of the Stallions and to propose suggestions for the stability of the performance of the national team during future editions.

For future research, we suggest taking into account factors such as motivation and psychological preparation which are crucial for optimizing performance.

REFERENCES

- [1] Becker, C., S. (1962). Investment in human capital: A theoretical analysis, *Journal of Political Economy*, 70 (5), pp 9-49.
- [2] Blanchet, A. Gotman, A. (1992). The investigation and its methods: the interview, Nathan. 125p.
- [3] Dakpo, P. (2003). The associative sports movement or the issues of power: 1980-2001. [Thesis in STAPS]. pp.107-112.
- [4] Ehrenberg, R. G., and Smith, R. S. (2000). *Modern Labor Economics: Theory and Public Policy*, Reading. Addison Wesley.
- [5] Gavard-Perret, M.-L., Haon, C. and Jolibert, A. (2008). Research methodology: Succeeding in your dissertation or thesis in management sciences.
- [6] Giblin, E. J. (1986). The challenge facing human resources; in H. Heneman and D. Schwab (eds.), *Perspectives on Personnel/Human Resource Management*, pp 11–16, Homewood, IL: Irwin.
- [7] Judge, T.A., and Locke, E.A. (1993). Effect of dysfunctional thought processes on subjective well-being and job satisfaction. *Journal of Applied Psychology*, 78 (3), pp. 475–490.
- [8] Lawrence, B., S. (1988). New wrinkles in the theory of age: Demography, norms, and performance ratings, *Academy of Management Journal*, 31, (8), pp 309–337.
- [9] McDaniel, M.A., Shmidt, F.L., and Hunter, J.E. (1988). Job experience correlates of performance. *Journal of Applied Psychology*, 73, pp. 327-330.
- [10] Mc Evoy, G.M., and Cascio, W. (1989). Cumulative evidence of the relationship between employee age and job performance. *Journal of applied psychology*, 74 (1), pp 11-17.
- [11] Rhodes, S. R. (1983). Age-related differences in work, attitudes and behavior: A review and conceptual analysis, *Psychological Bulletin*. 93, (2), pp. 328-367.
- [12] Richter, A., and Schmidt, S. L. (2006). Antecedents of the performance of management consultants, *Schmalenbach Business Review*, 58, (4), pp. 365-391.
- [13] Salthouse, T. A. (1991). *Theoretical Perspectives on Cognitive Aging*, Mahwah. Lawrence Erlbaum.
- [14] Schuler, R. S and MacMillan, I. C. (1984). Gaining Competitive Advantage through Human Resource Practices’.
- [15] Sturman, M. C. (2003). Searching for the inverted u-shaped relationship between time and performance: Meta-analyses of the experience/performance, tenure/performance, and age/performance relationships, *Journal of Management*, 29, (5), pp 609-640.
- [16] Tesluk, P.E., and Jacob, R., R. (1998). Toward an integrated model of work experience. *Personal Psychology*. 51, (2), pp. 321-355.
- [17] Ulrich, D. (1991). Using human resources for competitive advantage, in R. Kilmann, I. Kilmann and Associates (eds), *Making Organizations Competitive*, pp 129-155, Jossey-Bass.
- [18] Ulrich, R.S., Simons R.F., Losito, B.D., Zelson, M., Fiorito, Miles, M. (1991). Stress Recovery During Exposure to Natural and Urban Environments. *Journal of Environmental Psychology*. 11 (03) 201-230.
- [19] Weiss, C.H. (1995). Nothing as Practical as Good Theory: Exploring Theory-Based Evaluation for Comprehensive Community Initiatives for Children and Families. In J. P. Connell, A. C. Kubisch, L. B. Schorr, and C. H. Weiss (eds.), *New Approaches to Evaluating Community Initiatives: Concepts, Methods, and Contexts* (Vol. 1, pp. 65-92).
- [20] Welford A.T., (1965). Aging and human abilities. *French journal of sociology*.
- [21] Wright, P. M., and Hamilton, R. F. (1978). Work satisfaction and age: Some evidence for the job change hypothesis. *Social Forces*, 56, (4), pp 1140-1158.
- [22] Wright, P. M., Mahan, G. C., and McWilliams, I. C. (1994). Human resources and sustained competitive advantage: resource-based perspective, *International Journal of Human Resource Management*, 5 (2), pp 301–326.
- [23] <https://www.lequipe.fr/Football/fifa/annee-2018/page-ranking-equipes/general>.
- [24] <https://www.lequipe.fr/Football/fifa/annee-2018/page-ranking-equipes/general>.
- [25] <https://www.lequipe.fr/Football/fifa/annee-2018/page-ranking-equipes/general>.

PSYCHOLOGICAL WELL-BEING OF TRAINEE TEACHERS OF INJEPS PROFESSIONAL MASTER'S DEGREE AT WORK

AHONNON Adolphe¹, NOUTAI Blaise², ABRAHAM Florence², OUSSOU Vidjannagni², and KIKI Armelle Zélie Imeilda²

¹Lecturer at CAMES Universities, Social Psychology and Animation Research Unit, National Institute of Youth, Physical Education and Sport at University of Abomey-Calavi, Benin

²Multidisciplinary Doctoral School of EPS and Human Development at National Institute of Youth, Physical Education and Sport at University of Abomey-Calavi. Social Psychology and Animation Research Unit, Benin

Copyright © 2024 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 analyze the psychological well-being of trainee teachers in the professional master's program at INJEPS and the organizational factors that influence the Psychological Well-Being at Work (BEPT) of these trainee teachers. Specifically, it was a question of evaluating the psychological well-being of trainee teachers in the professional master's program at INJEPS.

In order to achieve these objectives, a study was conducted within our target population. Thus, 63 trainee teachers in the professional master's program at the National Institute of Youth, Physical Education and Sport responded to an electronic questionnaire. Data collection was done using an online questionnaire, developed using Google Docs. The results reveal that trainee teachers have a fairly satisfactory level of well-being but that one in five teachers has a low level of BEPT. The results of the linear regression analysis established that the managerial relationship, the availability of material resources, the school climate and professional skills have significant and positive effects on the psychological well-being at work of INJEPS professional master's trainee teachers, while the workload and travel constraints at work have a negative and significant impact. These variables constitute positive factors whose growth contributes to the BEPT.

In statistical terms, the variables, workload ($\beta = -0.063$; Sig = 0.032 < 0.05) and travel constraints at work ($\beta = -0.067$; Sig = 0.041 < 0.05) negatively and significantly affect psychological well-being at work.

KEYWORDS: Psychological well-being at work, trainee teachers, managerial relationship, decision-making autonomy, workload.

1 INTRODUCTION AND JUSTIFICATION OF THE SUBJECT

Well-being is an emotional state in which one feels good and where one considers oneself to have a balanced life. In 2000, Rolland in a study considered that two approaches should be distinguished. The first, of sociological inspiration, was interested in the living conditions that will lead individuals to make a positive evaluation of their life; the second, more psychological, considered that well-being refers to a person for whom positive emotions are more intense or more present than negative emotions.

In addition, much writing focuses on the catastrophic state of psychological health of workers. Staggering statistics on burnout and employee stress, huge economic costs of mental health problems at work, numerous calls for help from professional orders and workers' associations in the service or health sectors to preserve the psychological balance of the workforce are all manifestations that testify to the currently lively social concern for psychological health at work.

However, it is only more recently that occupational health psychology researchers have integrated a positive component to psychological health as an object of study. Indeed, in the wake of the emergence of positive psychology (Gable & Haidt, 2005; Seligman & Csikszentmihalyi, 2000; Seligman, Steen, Park, & Peterson, 2005), a substantial number of scientists have turned to more positive paradigms to understand human beings, and thus complete their conception of individuals by adding

a component of optimal functioning beyond the maladaptation and dysfunction traditionally studied. Since the declaration of the World Health Organization (1946), a growing number of authors recognize that psychological health is much more than the absence of disease. Thus, psychological health is now increasingly recognized as encompassing both the absence of psychological distress, reaching a clinical threshold or not, and the presence of psychological well-being (Achille, 2003; Dejours, 1995; Jahoda, 1958; Keyes, 2005; Massé, et al., 1998).

Indeed, very little effort has been devoted to exploring the construct from the workers' point of view, with a view to establishing the theoretical foundations of the psychological well-being of teachers at work. Returning to the INJEPS student interns, they are often confronted with stress at work, especially those who are often sent to areas far from their training center. Stress related to installation, to adaptation to the new work environment, in other words to the new environment. For example, a good adaptation to the organized set of references, standards and emblematic figures allows to have positive value, while a weak adaptation to the latter allows to obtain a more or less negative value.

Furthermore, the still predominant scientific focus in occupational health is on the poor psychological health of working teachers, a research tradition that neglects the other side of occupational health, namely good psychological health, psychological well-being at work. In this vein, research questions arise:

What are the factors that ensure the psychological well-being of INJEPS professional master's trainee teachers at work?

What are the factors that influence the psychological well-being of INJEPS professional master's trainee teachers at work?

This research aims to assess the psychological well-being of INEPS professional master's trainee teachers at work.

1.1 HYPOTHESES

H1: The INEPS professional master's student trainees have a fairly satisfactory level of well-being, with a significant proportion of trainee teachers having a low level of BEPT.

H2-a: The managerial relationship, decision-making autonomy, availability of material resources, improvement of the school climate and professional skills have a positive impact on the BEPT of INEPS trainee teachers.

H2-b: Travel constraints and workload have a negative impact on the BEPT of INEPS trainee teachers.

1.2 RESEARCH OBJECTIVES

1.2.1 GENERAL OBJECTIVE

To analyze the psychological well-being at work of INEPS professional master's student teachers.

1.2.2 SPECIFIC OBJECTIVES

SO1: To evaluate the psychological well-being of INEPS professional master's student teachers

SO2: To analyze the impact of organizational determinants on the psychological well-being of trainee teachers.

2 METHODOLOGICAL APPROACH

2.1 NATURE OF THE STUDY

This study is quantitative because it aims to analyze the organizational factors that influence the psychological well-being of INEPS professional master's trainee teachers at work using a Likert scale survey questionnaire that will be used to quantify the phenomena under study.

A quantitative study is an empirical method used to collect numerical data, used to measure variables. The data thus collected will be analyzed using a statistical method to draw general conclusions.

2.2 THE STUDY POPULATION

Our investigation focuses on Beninese INJEPS STAPS students made up of fifth-year students, sent on internships during the year 2023. The survey population is defined as all the subjects covered by a study. In this study, the survey population consists of fifth-year STAPS students at INJEPS.

2.3 SAMPLING

In this study, a non-probability sampling method was used. More precisely, voluntary participation sampling. The study population, which includes all trainee teachers in a professional master's degree at INJEPS, is 102. We sent the questionnaire link to all trainee teachers and followed up 5 days later. Out of the 102 teachers, 63 responded to the questionnaire, giving a response rate of 61.76%.

2.4 SAMPLE SIZE

The survey was conducted on a sample of 63 trainee teachers in a professional master's degree at INJEPS, comprising 77.8% men and 22.2% women. Most respondents are between 21 and 25 years old (60.3%). 57.1% are assigned to rural areas and 42.9% to urban areas. Participants work an average of 12 hours per week.

2.5 TOOLS AND COLLECTION TECHNIQUE

To obtain the data necessary for our study, we developed a survey questionnaire that was sent to professional Master's students at INEPE. This is a single questionnaire that has several parts. The first part questions sociodemographic variables (gender, age, etc.). The second part questions psychological well-being at work. The third part questions working conditions (managerial relationships, decision-making autonomy, availability of resources, school climate, workloads), professional demands (work skills), life outside of work, and after-work occupations of trainee teachers.

2.5.1 PSYCHOLOGICAL WELL-BEING AT WORK

In order to properly measure psychological well-being at work, we use the Index of Psychological Well-being at Work (IBEPT). The latter is a tool used to measure psychological well-being at work. It was validated by Dagenais-Desmarais and Savoie (2012) and is based on a solid theoretical foundation in the scientific literature (Loup, 2016). This tool measures five dimensions of well-being at work: interpersonal fit at work, fulfillment at work, feeling of competence at work, perceived recognition at work, and willingness to commit to work. These dimensions are assessed using 25 items. Although this five-dimensional model emphasizes the eudaimonic nature of well-being at work, some items question the hedonic dimension by addressing individuals' affective states, such as "I like my job". The approach used therefore combines both hedonic and eudaimonic well-being (Dagenais-Desmarais and Savoie, 2012). Each statement describes how individuals may feel at work, and participants are asked to rate their experience over the past four weeks using a 5-point Likert-type response scale, ranging from 1 ("Disagree") to 5 ("Strongly agree"). For example, for the dimension of "willingness to engage at work," statement 1 is: "I feel like taking initiative in my work." The psychological well-being at work score can be calculated for each dimension and/or a total score can be obtained by taking the average of the items corresponding to each indicator. The closer the result is to 5, the more satisfied the teacher is with this indicator of psychological well-being at work. In our study we use the total score to measure the BEPT.

2.5.2 WORKING CONDITIONS (ORGANIZATIONAL DETERMINANTS)

The questionnaire on working conditions (managerial relationship, decision-making autonomy, availability of resources, school climate, workloads), professional demands (work skills), external factors (life outside work, occupation after work) was developed based on the literature and especially on the questionnaire developed by Miryam de Courville (2018).

2.6 LOCATIONS AND CONDUCT OF THE SURVEY

The survey was conducted at INEPE. A link to an online questionnaire was sent to all subjects in our study sample.

2.7 QUESTIONNAIRE EXPLOITATION METHOD

The information collected using the questionnaire was processed using SPSS 26 software. To analyze the data from our survey, a score was calculated for each individual in the sample. This score represents the average of the points obtained for all items constituting a variable (e.g. IBEPT, availability of resources, etc.). We therefore calculated a score for the BEPT, managerial relationship, decision-making autonomy, availability of material resources, professional skills, school climate, workload, and travel constraints to work. A low score (≤ 3.5) is therefore synonymous with a poor perception of the variable measured by the individual and a high score (> 3.5), a good perception by the individual. The explanatory analysis method was used on these transformed data, to respond to our different hypotheses. This is multiple regression analysis.

Regression analysis focuses on the study of the relationship between a dependent variable (the BEPT in our study) and several explanatory variables (which are organizational and individual determinants). It therefore makes it possible to establish causality between the variables. This analysis method will allow us to clearly see the variables that positively or negatively influence the BEPT.

The regression line estimated for the validation of the hypotheses is of the type:

$$BEPT = Q0 + Q1RM + Q2AD + Q3DRM + Q4CS + Q5HP + Q6Chge + Q7CDT$$

With β_0 the constant; $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6, \beta_7$, the regression coefficients that will be used to validate the hypotheses.

RM: managerial relationship; AD: decision-making autonomy; DRM: availability of material resources; HP: professional skills; CS: school climate; Chge: workload; CDT: Travel constraint to work

2.8 DATA COLLECTION METHOD

Data collection was carried out using an online questionnaire, developed using GoogleForms. Responses were collected confidentially and anonymously without collecting personal data such as the respondent's email and name. The questionnaire remained open for a period of 10 days.

3 PRESENTATION, ANALYSIS AND INTERPRETATION OF RESULTS

3.1 PRELIMINARY ANALYSIS

Table 1. Reliability analysis of the BEPT measurement scale

Reliability analysis	
Cronbach's alpha	Number of Items
0,945	25

Before any analysis, we carried out a reliability analysis of the psychological well-being at work scale used. Table 1 (in the literature review) shows the results of the Cronbach Alpha coefficient test. The latter allows us to gauge the reliability of the questionnaire.

According to the results, we can see that for all the items, the Cronbach alpha value is high: 0.945. This result is synonymous with good internal consistency of the measurement scale used (IBEPT) on our sample.

Table 2. BEPT score of INJEPS trainee teachers

	N	Minimum	Maximum	Average	Standard deviation
BEPT	63	2,50	5,00	3,999	0,6219

This table shows that the average index of psychological well-being at work (IBEPT) of INEPT trainee teachers is 3.999, or 4. Indeed, trainee teachers feel on average a state of well-being of 4/5. This average is substantially part of the "agree" category of our measurement scale. Which generally corresponds to a fairly satisfactory level of well-being. Trainee teachers with a low level of well-being (below 3.5/5) represent 20.63% of the sample, or one in five teachers who do not experience psychological well-being at work. Which nevertheless raises a problem in this profession.

3.2 MAIN ANALYSIS (MULTIPLE REGRESSION ANALYSIS)

In order to verify the impact of all these explanatory variables on the BEPT, we carried out multiple linear regression. The results of this analysis are as follows:

Table 3. Analysis of variance

Model		F	Sig.
1	Regression	405,021	0,000

According to the table above, the significance level of the Fischer test is 1% because the probability associated with the Fischer test is 0.000 ($0.000 < 0.01$). The model is therefore globally significant at the 1% threshold. This means that the explanatory variables of our model (Managerial relationship (RM), Decision-making autonomy (AD), Availability of material resources (DRM), School climate (CS), Professional skill (HP), Workload (chge), Work travel constraint (CDT)) contribute globally in a significant way to the explanation of the psychological well-being at work of trainee teachers. We can therefore retain this model and move on to the analysis of the second table.

Table 4. Summary of the model

Model	R	R-two	Adjusted R-two
1	0,884	0,781	0,778

According to the results from the table above, the R-squared (coefficient of determination or adjustment) is equal to 0.781. This means that the variability of psychological well-being at work of trainee teachers is explained at 78.1% by the explanatory variables. The managerial relationship (RM), decision-making autonomy (AD), availability of material resources (DRM), school climate (CS), professional skill (HP), workload (chge), travel constraints to work (CDT) explain 78.1% of the total variance of psychological well-being observed.

Table 5. Regression coefficients

Model		Coefficient(β)	Std. Error	T	Sig.
1	(Constant)	1,628	0,296	5,503	0,000
	RM	0,283	0,082	3,455	0,001
	AD	0,009	0,030	0,293	0,771
	DRM	0,135	0,061	2,201	0,032
	CS	0,135	0,080	1,686	0,097
	HP	0,158	0,043	3,727	0,000
	Chge	-0,064	0,028	-2,279	0,027
	CDT	-0,069	0,032	-2,164	0,035

Table 5 presents the results of the coefficients and significance of each explanatory variable of our study model. From the data in this table, the equation of the regression line that accounts for the predictive power of the explanatory variables on the psychological well-being of trainee teachers is written as follows:

$$IBPT = 1.628 + 0.283 * RM + 0.009 * AD + 0.135 * DRM + 0.135 * CS + 0.158 * HP - 0.064 * chge - 0.069 * CDT$$

Here, our analysis is essentially based on the sign of the coefficients and significance. Thus, the managerial relationship ($\beta = 1.628$; Sig = 0.001 < 0.01), the availability of material resources ($\beta = 0.135$; Sig = 0.032 < 0.05), professional skill ($\beta = 0.158$; Sig = 0.000 < 0.01) and the school climate ($\beta = 0.135$; Sig = 0.097 < 0.1) have a positive impact on the psychological well-being of trainee teachers at work. All these variables display positive coefficients. RM, DRM, HP are significant at 5% (Sig. < 0.05). The school climate is significant at 10% (Sig. < 0.1). The effect of the decision-making autonomy variable ($\beta = 0.009$; Sig = 0.771) was found to be insignificant on the psychological well-being of teachers even though this variable displays a positive coefficient.

On the other hand, the variables, workload ($\beta = -0.063$; Sig = 0.032 < 0.05) and travel constraints to work ($\beta = -0.067$; Sig = 0.041 < 0.05) negatively and significantly affect psychological well-being at work.

4 DISCUSSION

4.1 ACHIEVEMENT OF OBJECTIVES AND VALIDATION OF HYPOTHESES

The objective of this study was to analyze the psychological well-being at work of trainee teachers at INJEPS.

To achieve this objective, we first assessed the BEPT of these trainee teachers. The BEPT measurement tool used is that of Dagenais-Desmarais and Savoie (2012) called "Index of Psychological Well-Being at Work" (IBEPT). The reliability analysis of this measurement scale in our sample showed a satisfactory result for all items of the scale (Cronbach's Alpha coefficient = 0.945). Descriptive statistics revealed that the trainee teachers of the professional master's degree of INEPS have a fairly satisfactory average BEPT (IBEPT = 3.999 $\approx$ 4) with 20.63% of the sample having a low BEPT (IBEPT < 3.5) or one teacher in five. However, this proportion is not negligible and quite worrying. Thus our first hypothesis postulating that the trainee teachers of the professional master's degree of INJEPS have an average level of well-being is validated. We then analyzed the organizational factors that influence their BEPT. More specifically, the Managerial Relationship (MR), Decision-making Autonomy (DA), Availability of Material Resources (DRM), School Climate (SC), Professional Ability (HP), Workload (chge), Travel Constraints to Work (CDT) were linked to the BEPT in general, grouping the five dimensions of the conceptualization of Dagenais-Desmarais and Savoie (2012).

Hypothesis 2-a postulating that the managerial relationship, decision-making autonomy, availability of material resources, school climate and professional ability positively impact the BEPT of INEPS trainee teachers, was verified by multiple linear regression analysis. Indeed, the results reveal that all these variables have a positive effect on the psychological well-being at work of INEPS trainee teachers. Even if decision-making autonomy was shown to be non-significant.

In other words, the availability of material resources (equipment and teaching tools, furniture, suitable desks, etc.) promotes good teaching and allows the teacher to feel confident in his or her role. This increases his or her perception of safety in his or her physical working environment.

Since the trainee teacher is under the supervision of a certified teacher, the latter and the school's management can use their influence on the trainee teacher's psychological well-being. A good managerial relationship (good communication, recognition of efforts by the superior, support from the superior, integrity and honesty from the superior, etc.) allows the trainee to feel less stressed about achieving their goals. The support of the managers, the recognition that the trainee perceives at work increases their feeling of competence, which they express in return through a willingness to commit to work. A good managerial relationship thus helps the trainee teacher to cope with the demands of the job. It is therefore a factor in psychological well-being. This result confirms those of Hausser et al. (2010), when they state that: "social support is a resource that helps employees cope with the demands of the job and maintain their psychological well-being" and Grawitch et al. (2006) when they state that: "Employee participation in decision-making and the functioning of the organization is another characteristic of social relations that contributes to psychological well-being".

Also, a good school climate (a quality relationship with students, the availability of a good pedagogical supervision relationship without pressure on the teacher, a number of students in class without overload, pedagogical support, a demonstration of respect for the trainee teacher in the establishment, etc.) promotes the teacher's fulfillment at work. Feeling appreciated and respected by colleagues and students and their positive perception of educational inspections increase their feeling of integration into the establishment and their self-esteem, which contributes to improving their psychological well-being.

Furthermore, the professional skills of the trainee teacher (ability to manage discipline in the classroom, to establish a learning climate in the classroom, to plan and organize their work, to motivate and mobilize students, etc.) contribute to their fulfillment at work. The trainee teacher realizes in a practical way his advantages and limitations in the face of the demands of his future profession. When his skills are in phase with these, then his level of psychological well-being increases. This confirms the results of Bryne (1999) and Rudow (1999) when they demonstrated in their studies that professional skills constitute resources for employees, allowing them to improve their psychological well-being.

The non-significance of decision-making autonomy is contrary to the literature and can be explained by the fact that trainee teachers, still in the training phase, nevertheless need guidance and monitoring from their supervisors. Thus, even if decision-making autonomy has a positive impact on the BEPT, a very high level of autonomy can be negative. It is possible to suspect a measurement zone in which decision-making autonomy will have no significant effect on the BEPT of trainee teachers. Hence this result.

In general, an improvement in all of these factors mentioned above leads to an increase in the psychological well-being at work of trainee teachers.

Hypothesis 2-b postulated that travel constraints and workload negatively impact the BEPT of trainee teachers at INJEPS. The results obtained from the regression analysis (workload ($\beta = -0.063$; Sig = $0.032 < 0.05$); travel constraints at work ($\beta = -0.067$; Sig = $0.041 < 0.05$)) support this hypothesis. Indeed, an increase in workload and travel constraints at work leads to a decrease in the level of psychological well-being of trainee teachers at work. This result corroborates with the conclusions of Collie's work (2014), when he states that: "the complexity of tasks, the time allocated to accomplishing these tasks and also the workload outside of class is a source of reduction in the psychological well-being of teachers". The same is true for Fernet and his colleagues (2012), when they mention the workload, referring to the JDR model, among teachers, as one of the work demands negatively linked to BEPT.

The constraints of travel to work, which are manifested by the duration of the trip and the financial situation, also negatively affect the psychological well-being of trainee teachers. Trainee teachers who have to travel long distances with limited financial means are subject to a level of well-being that is negatively affected.

4.2 RELIABILITY AND VALIDITY OF THE RESULTS OF THE STUDY

In this quantitative study of an explanatory nature, we used the non-probability sampling method with voluntary participation to constitute the sample of trainees. The processing of the results is carried out with IBM SPSS 26 software. A normality test of the residuals from the regression was carried out to ensure the reliability of the results (see Appendix 2). This test revealed that the residuals were normally distributed. All these precautions made it possible to ensure the good quality and reliability of the data collected.

5 CONCLUSION

The subject of the psychological well-being of teachers at work, teachers and therefore trainee teachers, is, without a doubt, a subject of primary research. Providing a work environment that promotes the psychological well-being of trainee teachers at work appears to be a major asset in improving their performance and knowledge for their future teaching profession.

This research aimed to analyze the psychological well-being at work of trainee teachers of professional master's degrees at INJEPS. Thus, our first objective was to measure the level of psychological well-being of these trainee teachers. The second objective was to analyze the organizational factors that could have an impact on their psychological well-being at work. In order to achieve our objectives, the data used in this study come from a survey of a sample of 63 trainee teachers of professional master's degrees at INEPS investigated using an online questionnaire. The latter provides information on the biodemographic characteristics, psychological well-being at work and working conditions of the sample.

The results of this study therefore allow us to conclude that 20.63% of trainee teachers (that is to say one in five trainee teachers) experience low psychological well-being at work and that this prevalence should be considered worrying. From the results of the regression analysis, we were able to conclude on the existence of a causal relationship between the working conditions of trainee teachers and their BEPT. Indeed, the managerial relationship, the availability of material resources, the sunny climate and professional skill have a positive and significant impact on the BEPT of trainee teachers at INEPS. These variables constitute positive factors, the growth of which contributes to the BEPT. On the other hand, travel constraints to work and the workload have a negative impact on the BEPT of trainee teachers at INJEPS. The higher the workload and travel constraints to work, the lower the BEPT. To improve the psychological well-being of trainee teachers at work, we can act on these factors by taking into account the meaning of the relationships. Managers, supervisors and inspectors of the host institutions of the INJEPS trainee teachers and the administration of the latter will have to take these factors into account in order to contribute to the BEPT of the trainee teachers.

REFERENCES

- [1] Dagenais-Desmarais, V., & Savoie, A. (2012). What is Psychological Well-Being, Really? A Grassroots Approach from the Organizational Sciences. *J Happiness Stud*, 13, 659-684.
- [2] de Courville, M. (2018). The psychological well-being of elementary and secondary school teachers in French-speaking school boards in Quebec. [Thesis presented for the purpose of obtaining a master's degree in psychology, option work and organizational psychology at the University of Montreal].
- [3] Achille M. A., (2003a), «Defining occupational health. The conceptual basis of a model of occupational health, in Foucher R., Savoie A. and Brunet L. (eds), *Reconciling organizational performance and psychological health at work*, Montreal, Éditions nouvelles, pp. 65-90.

- [4] Achille, M.A., (2003b). Defining occupational health. II. A multidimensional model of occupational health indicators, in *Foucher R., Savoie A. and Brunet L. (eds)*, pp. 91-109.
- [5] Collie, C.R. (2004). Oral history interview.
- [6] Dejours, C. (1995). Doctine et théorie en psychosomatique, In *Revue française de psychosomatique* 1995/1 (n° 7), pp. 59 to 80.
- [7] Gilbert, M.-H., Dagenais-Desmarais V. Savoie, A. (2011). Validation of a psychological health measure. *European Review of Applied Psychology*. Volume 61, Issue 4, pp.195-203.
- [8] Grawitch, M.J., Larissa K.B. & Logan, J. (2010). *Rethinking the Work–Life Interface: It’s Not about Balance, It’s about Resource Allocation*. <https://doi.org/10.1111/j.1758-0854.2009.01023.x>.
- [9] Häusser, J. A., Mojzisch, A., Niesel, M. Schulz-Hardt, S. (2010). Ten years on: A review of recent research on the Job Demand–Control (-Support) model and psychological well-being Jahoda, M. (1958). Ideal Mental Health.
- [10] Keyes, C.L.M. (2005). Mental illness and/or mental health? Investigating axioms of the complete state model of health. *J. Consult Clin Psychol.* 73 (3): 539-48. doi: 10.1037/0022.006X.73.3.539.
- [11] Loup (2016). A young boy runs away, but realizes that he can’t escape reality. In Felix Gönnert. Eds.
- [12] Massé, P.D., Lambert, B., & Battaglini. (1998). Development and validation of a tool for measuring psychological well-being: The EMMBEP. *Canadian Journal of Public Health*, 89 (5), 352-357. <https://doi.org/10.1080/02678371003683747>.
- [13] Rudow, B. (1999). Stress and burnout in the teaching profession: European studies, issues, and research perspectives. In R. Vandenberghe & A. M. Huberman (Eds.), *Understanding and preventing teacher burnout: A sourcebook of international research and practice* (pp. 38–58). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511527784.004>

Recherche de la protéine - C - réactive chez les femmes enceintes en consultation prénatale « CPN »: Cas de l'Hôpital Général de Référence de Kangu), Zone de Santé Rurale de Kangu, Territoire de Lukula, Province du Kongo Central en République Démocratique du Congo de Juillet au Novembre 2022

[Research of C-reactive protein in pregnant women in prenatal consultation «CPN»: Case of the Kangu General Reference Hospital), Kangu Rural Health Zone, Lukula Territory, Kongo Central Province in the Democratic Republic of Congo from July to November 2022]

Nzau Mbadu Don José

Institut supérieur des techniques médicales de Tshela (ISTM, TSHELA), RD Congo

Copyright © 2024 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 pregnant woman offers a favorable environment for germs that fight her ability to fight infection, which justifies the increased susceptibility of the pregnant woman to many infectious diseases. CRP has very rapid evolution kinetics during an infectious inflammatory syndrome; its investigation allows early diagnosis of an infectious syndrome, which potentiates the diagnostic value of its assay. The overall objective of this study was to search for the protein; reactive in pregnant women at the Kangu General Reference Hospital.

During our study we found that according to the distribution of the results of the CRP of pregnant women that out of 74 samples in total, 46 were positive or 62.16% and 28 negative or 37.84%. The distribution of CRP results according to age groups revealed that the age group of 16 to 25 years old had a CRP positivity rate of 32.43% and that of 36 to 45 years old with 5.41% out of a total of 74 samples, the two age groups presented being respectively the most affected and the least affected. The distribution of CRP results according to the age of pregnancy indicated that the 2nd trimester of pregnancy presented a positivity rate of 37.84% with 28 cases; and moreover, the 3rd trimester with 10.81% or 8 out of the total of 74. The said age groups being the most infected and the least infected.

KEYWORDS: Research, C-reactive protein, pregnant women.

RESUME: La femme enceinte offre un environnement favorable aux germes qui combattent sa capacité à combattre une infection, ce qui justifie l'augmentation de susceptibilité de la femme enceinte à des nombreuses maladies infectieuses. La CRP, possède une cinétique d'évolution très rapide lors d'un syndrome inflammatoire infectieux; son investigation permet de diagnostiquer précocement un syndrome infectieux, ce qui potentialise la valeur diagnostique de son dosage.

L'objectif global de cette étude était de rechercher la protéine ; réactive chez les femmes en ceintes à l'hôpital général de référence de Kangu.

Durant notre étude nous avons constaté que selon la répartition des résultats de de la CRP de femmes enceintes que sur 74 échantillons au total, 46 était positifs soit 62,16% et 28 négatifs soit 37,84%. La répartition des résultats de la CRP selon les tranches d'âge a révélé que la tranche d'âge de 16 à 25 ans a présenté un taux de positivité à la CRP de 32,43% et celle de 36 à 45 ans avec 5,41% sur un total de 74 échantillons les deux tranches d'âge présentées étant respectivement la plus touchée et la moins touchée. La répartition des résultats de la CRP selon l'âge de la grossesse a indiqué que le 2^{ème} trimestre de la

grossesse a présenté un taux de positivité de 37,84% avec 28 cas; et par ailleurs, le 3^{ème} trimestre avec 10,81% soit 8 sur le total de 74. Les dires tranches d'âge étant la plus infectée et la moins infectée.

MOTS-CLEFS: Recherche, protéine -C- réactive, femmes enceintes.

1 INTRODUCTION

Depuis très longtemps, les scientifiques ont observé avec étonnement que, si la grossesse améliore certaines maladies, elle aggrave d'autres. Bien après, les chercheurs ont compris que l'état de la grossesse entraîne un bouleversement de l'organisme de la femme, et qui peut avoir des répercussions sur tous les organes. Ainsi par exemple, un bon nombre des polyarthrites rhumatoïdes vont au grand soulagement de ces femmes, qui peut se calmer à la fin premier trimestre de la grossesse. ^(3,12)

En revanche, le lupus subit souvent pendant la grossesse une aggravation sévère sous forme de poussées, la grossesse étant une greffe semi-comptable qui entraîne une adaptation de l'immunité afin de prévenir le rejet du fœtus. Pendant la grossesse, il se passe bien d'autres choses, car l'objectif principal de la femme est d'offrir à son bébé des conditions idéales de développement. ^(1,5,12)

D'une manière générale, la femme enceinte offre un environnement favorable aux germes qui compromettent la capacité de la mère à combattre une infection, ce qui justifie l'augmentation de la susceptibilité de la femme enceinte à des nombreuses maladies infectieuses. L'artère principale de notre investigation est celui de recherche la CRP chez les femmes enceintes afin de se rendre compte sur la présence ou non de certaines infections difficiles à décélérer par les paramètres biologiques de routine, pourtant leurs conséquences peuvent être fâcheuses pour la mère et surtout pour l'enfant qu'elle porte. La recherche de la CRP offre une meilleure solution à cette situation. La CRP possède une instigation permet de diagnostiquer précocement un syndrome infectieux, ce qui potentialise la valeur diagnostique de son dosage. ^(5,6,9,11)

L'une des importantes préoccupations en gynéco-obstétrique est de prévenir et limiter les infections et les risques associés pour la mère et le fœtus. Ce qui nécessite un diagnostic précoce. Car, si l'infection est identifiée et traitée trop tardivement, il y a souvent échec thérapeutique. La difficulté reste cependant celle du marquer biologique pouvant permettre un diagnostic précoce d'un processus inflammatoire infectieux. ^(2,4,7,8,10)

En effet, la plupart des tests utilisés pour le dépistage de l'infection chez les femmes enceintes à la consultation prénatale sont limités par leurs faible sensibilité, d'une part et d'autre, certaines infections notamment bactériennes ne sont pas recherchées, pourtant leurs conséquences peuvent être fâcheuse pour la mère et surtout pour l'enfant qu'elle porte. La recherche de la CRP offre une meilleure solution à ce problème. Tenant compte de toutes ces situation, ce constat amène à soulever cette question: ce marqueur peut-il de manière précoce détecter un syndrome inflammatoire infectieux chez les femmes enceintes reçues en CPN à l'HGR/ Kangu ?

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 MATÉRIELS

2.1.1 DESCRIPTION DU MILIEU D'ÉTUDE

Cette étude a été menée à l'Hôpital Général de KANGU, dans la zone de santé rurale de Kangu, Territoire de LUKULA, Province Kongo Central, République Démocratique du Congo.

L'Hôpital Général de KANGU et l'œuvre des pères missionnaires dès la congrégation de Scheuts, constatèrent l'apparition de plusieurs maladies épidémiques frappant la population. Ils se décidèrent de débiter les activités sanitaires dans un dispensaire. Vu leurs grandes occupations dans l'évangélisation du peuple de Dieu. Ils ont préféré confier cette grandiose œuvre à la congrégation de saint Augustin, aujourd'hui appelé « sœurs du cœur immaculé de Marie »; arrivèrent en 1923.

Elles dispensaient les soins ce dispensaire. Grâce à la réputation de la qualité de soins dispensés, ce dispensaire deviendra progressivement un hôpital.

En 1929, le premier médecin, Monsieur Joseph GELES, de nationalité Hongroise arriva. Le développement de l'hôpital va se poursuivre sous la houlette du Docteur Maurice KIVITS. Médecin de mission envoyé par le gouvernement Congolais.

En 1968, la médecine préventive fonctionne avec l'équipe mobile du centre « **TUKOMA NTUALA MU BUVINI** » dont le Docteur Jacques courtois fut le Promoteur, en même temps le Directeur.

Une nouvelle époque survint en 1984. Les sœurs CICM cèdent l'hôpital au diocèse. L'évêque du diocèse confia la gestion et l'organisation aux sœurs servantes de Marie, une congrégation diocésaine de Boma. Leur passage coïncide avec l'arrivée du Docteur **Marc LECO NGIMBI**, spécialiste en chirurgie traumatologique. Ce premier fut nommé Médecin- Directeur de cet Hôpital.

Avec l'instauration du système des soins de santé primaire, KANGU est une zone de santé et l'Hôpital Général de Référence.

Vers les années 1990, le diocèse retira la gérance de cet Hôpital des religieuses, le cède aux clergés diocésains, d'où la présence des prêtres diocésains à la tête de la gestion.

A partir de Janvier 2000, le diocèse place à la tête chaque poste clé une personne formée et compétente.

Comme le diocèse ne dispose, parmi les prêtres d'aucun médecin, administrateur-gestionnaire de formation, l'Evêque lança des invitations libres à quiconque voulant travailler dans cet Hôpital de se présenter. C'est ainsi que cette institution sanitaire est gérée depuis le 13 Janvier 2000 par un comité de gestion composé des laïcs et consacrés. La capacité actuelle de l'Hôpital est de 151 lits.

L'HGR/KANGU est situé à trois kilomètres environs du Centre Commercial NSIONI et plus au moins 500 mètres du grand axe asphalté Boma Tshela. Il est à 84 Km de Boma et au moins 40 Km de Tshela.

Il est borné de cette manière:

- Au Nord, par la Zone de Santé Rurale de Kuimba;
- A l'Est, par la Zone de Santé Rurale de Vaku, la route de Boma- Tshela (englobant les groupements de Loango et Kimbenza), la route de Vaku;
- Au Sud, par la Zone de Santé Rurale de Lukula; les rivières Lukula et Mbavu
- A l'Ouest, par la rivière Lukula et la frontière d'Etat-Congolais Cabinda

2.1.2 MATÉRIELS DE LABORATOIRE ET APPAREILS

Pour réaliser nos analyses, nous avons utilisé les matériels et appareils ci-après:

- Gants;
- Tubes coniques;
- Portoirs;
- Seringue;
- Ouate hydrophile;
- Pipette de transfert en plastique;
- Minuterie;
- Embouts;
- Loupe pour la lecture;
- Garrot;
- Carte;
- Alcool dénaturé;
- Agitateurs ou baguettes.

a) Réactifs

Pour réaliser nos analyses, nous avons utilisé un kit CRP-SLIDEX de la firme bio mérieux (France) contenant:

- Le latex sensibilisé par des Antisérums de chèvres Anti-CRP;
- Le sérum témoin positif;
- Le sérum témoin négatif.

b) Produit biologique

Notre spécimen était constitué du sérum des femmes enceintes reçues en CPN à l'Hôpital Général de Référence de Kangu pendant la période de notre recherche.

c) Matériels utilisés pour la collecte et le traitement des données

Pour collecter et traiter les données, nous avons utilisé ce qui suit:

- Le Microsoft Word ;
- Un cahier pour noter les données ;
- Un stylo;
- Les registres de la CPN et celui du laboratoire.

2.2 MÉTHODES

2.2.1 TYPE D'ÉTUDES

Notre étude a consisté à une enquête prospective, à viser d'une descriptive et analytique, consistant à la recherche de la protéine C réactive dans les échantillons des sangs des femmes enceintes en consultation prénatal à l'Hôpital Général de référence de Kangu pendant notre étude.

2.2.2 CRITÈRES D'INCLUSIONS ET D'EXCLUSIONS

Nous avons inséré dans notre étude toutes femmes enceintes, en consultation prénatale à l'Hôpital Général de Référence de Kangu, ayant accepté volontiers de participer à notre recherche. Par contre, nous avons exclu toutes celles qui n'ont pas répondu aux critères d'inclusions précités.

2.2.3 ECHANTILLONNAGE

L'échantillon de notre étude était constitué de 74 femmes en CPN chez qui le sang était prélevé en vue de la recherche de la protéine - C - réactive au laboratoire de l'Hôpital Général de Référence de Kangu.

3 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Notre étude a porté sur une analyse de 74 échantillons de sang des femmes enceintes en CPN reçues au laboratoire de l'Hôpital Général de Référence de Kangu pendant notre période d'étude. Les résultats obtenus après analyses sont repris dans les tableaux ci-dessous:

Tableau 1. Répartition des résultats de la CRP de femmes enceintes

Résultats CRP	n	%
Positif	46	62,16%
Négatif	28	37,84%
Total	74	100%

Ce tableau montre que sur 74 échantillons de sang des femmes enceintes analysés, 46 soit 62,16% sont positives à la CRP contre 28 cas, soit 37,84% sont négatives.

Tableau 2. Répartition des résultats de la CRP selon les tranches d'âge

Paramètres Tranches d'âge	Résultats				Total	
	Positif		Négatif			
	N	%	N	%	N	%
16 – 25 ans	24	32,43	16	21,62	40	54,05
26 – 35 ans	18	24,32	12	16,22	30	40,51
36 – 45 ans	4	5,41	0	0	4	5,41
Total	46	62,16	28	37,84	74	100

L'analyse de ce tableau montre que la tranche d'âge de 16 à 25 ans est plus fréquente: 54,05%; suivie de la tranche d'âge de 26 à 35 ans: 40,54%, et enfin celle allant de 36 à 45 ans: 5,41%.

Tableau 3. Répartition des résultats de la CRP selon l'âge de la grossesse

Paramètres Age/Trimestre	Résultats de la CRP				Total	
	Positif		Négatif			
	N	%	N	%	N	%
1 ^{er} Trimestre	10	13,51	2	2,702	10	16,21
2 ^{ème} Trimestre	28	37,84	20	27,03	50	64,87
3 ^{ème} Trimestre	8	10,81	6	8,11	14	18,92
Total	46	62,16	28	37,84	74	100

L'analyse de ce tableau montre que **64,87%** des femmes enceintes sont dépistées positives à la **CRP au 2^{ème} Trimestre**; **18,92% au 3^{ème} Trimestre** de la grossesse et au **2^{ème} Trimestre**: **16,21%**.

4 COMMENTAIRES DES RÉSULTATS

De cette étude sur la recherche de la protéine – c – réactive chez les femmes en ceintes nous pouvons retenir ce qui suit:

Le tableau 1 sur la répartition des résultats de la CRP de femmes enceintes, montrent que sur 74 échantillons de sang de femmes enceintes soumis à l'analyse, 46 soit 62,16% étaient positifs, par ailleurs, 28 cas soit 37,84% était négatifs.

Ce taux de positivité élevé par rapport au négatif pour se justifier du fait que la majorité des femmes enceintes sont objet des infections qui sont la cause des réactions inflammatoires.

Le tableau 2 sur la répartition des résultats de la CRP selon la tranche d'âge de 16 à 25 ans est la plus fréquente avec 54,05% et celle de 36 à 45 ans avec 5,41 % est la moins rencontrée sur le total 74.

Cette suprématie de la tranche d'âge de 16 à 25 ans observée pourrait être qu'à la présence des gestantes primigestes pour la plupart dans cette tranche d'âge.

Le tableau 3 sur la répartition des résultats de la CRP selon l'âge de la grossesse indique que, 64,87% des femmes enceintes sont dépistées à la CRP au 2^{ème} trimestre, par ailleurs une fréquence de 16,21% de positivité a été observée chez les gestantes au 1^{er} trimestre.

Nous pensons que cette situation serait due par le fait que certaines gestantes ne respectent pas les instructions et enseignements donnés pendant la C.P.N.

Dans la littérature, nous avons eu aucun auteur, infirmant soit confirmant nos résultats.

5 CONCLUSION

L'objectif global de cette étude était de faire la recherche de la protéine – c – réactive chez les femmes enceintes à l'Hôpital Général de référence de Kangu. Après nos analyses, nous avons conclu que: l'état de la grossesse entraîne un bouleversement de l'organisation de la femme, et qui peut avoir des répercussions sur tous les organes. Cet état gravidique ne protège pas contre l'infection. Au contraire, la grossesse est une greffe semi – compatible qui entraîne une adaptation de l'immunité afin

de prévenir le rejet du fœtus. Cette adaptation fait intervenir les lymphocytes T Helper du type 2 nécessaires la protection du fœtus, car un environnement de type 1 serait défavorable. L'aspect négatif de ce biais est qu'un environnement favorable à la grossesse compromet la capacité de la mère à combattre une infection. Ce qui justifie l'augmentation de la susceptibilité de la femme enceinte à de nombreuses maladies infectieuses (BENEX J.).

Ainsi sur 74 échantillons de sang prélevés chez les femmes enceintes retenue à l'étude, 64 étaient positifs soit 62,16%, par ailleurs 28 étaient négatifs soit 37,84%.

Notre hypothèse a été confirmée en totalité car la protéine – C – réactive a été détectée chez les femmes en CPN pendant notre étude avec une fréquence de 62,16%.

REFERENCES

- [1] AINBERDERE ET AL., Clinical laboratoires observation sérum, réactive. Protein and problems of new born in font, the journal of pedatrics, ed. jama USA volume 101 1982, p.438-440.
- [2] BENEX J., Diagnostic immunologique des parasitoses à protozoaires et helminthes, malisme, Paris, 1994, p. 8-9.
- [3] Françoise Balédent., Développement et Santé, n° 146, avril 2000, Saint-Denis, France.
- [4] LA VILLE M., REVILLAND J.P., La protéine C-réactive médicale, vol 243 n° 2, 1980, p.59-8.
- [5] PRADHAN A.D MAUSAN J.P., La protéine-C-réactive protéine.
- [6] Interleukine 6 and risk of developing type 2 diabètes, ed. Jama USA, 2001, p.286.
- [7] Prospectus de la recherche de la CRP biome rieux, France, 2007.
- [8] TILLER W., et Frances T., Sérological réaction in pneumonia With non-protein somatci fraction of pneumococcus, éd. Exp med, Paris, 2009, p.561.
- [9] VOLNAKIS J.E., Human C-reactive protein structure and function, ed. mol immunol, Rase, 2001, p 187-197.
- [10] <http://santé-médecine.journal des femmes.com/fap/42800-marqueur-biologique-définition>
- [11] <http://www.doctissimo.fr/html/grossesse, patho-femme-enceinte/index-pathologies.html>
- [12] <http://www.vulgaris-médical.com/encyclopédie-médecine pneumonie>
- [13] <http://www.lombafit.com/proteine-c-reactive-grossesse/>

Epidémiologie des infections néonatales précoces à l'hôpital général de référence de Bunia, province de l'Ituri, au nord-est de la République Démocratique du Congo

[Epidemiology of Early Neonatal Infections at the Bunia General Referral Hospital, in the Ituri Province, Northeastern Democratic Republic of the Congo]

LOKAZO LONU Deogratias¹, AMUDA BABA Dieu Merci², and KAMUHANDA BUGASAKI Jacob³

¹Assistant, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Bunia, Province de l'Ituri, RD Congo

²Professeur Associé, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Bunia, Province de l'Ituri, RD Congo

³Chef de Travaux, Institut Supérieur Pédagogique de Bunia, Province de l'Ituri, RD Congo

Copyright © 2024 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 has been realized with the aim of analyzing the epidemiology of infections in the early neonatal period in the referral hospital of Bunia. The cross-sectional method supported by documentary analysis was used to collect data from 3775 respondents. After the analysis, it was revealed the following:

- The frequency of early neonatal infections in the referral hospital of Bunia from 2018 to 2022 is 51.68%.
- Neonatal fever was the most dominant factor in newborns (67.90%).
- The majority of respondents had no background related to the mother (81.36%).
- Almost the majority of respondents were submitted to Amoxycillin/ampicillin + Gentamycin (93.88%).
- More than 89.97% of our respondents had benefited from regular follow-ups.
- To end, healing was the main outcome of treatment.

In view of these results, it should be noted that neonatal infection in the early period is still a major health problem in newborns. So, there is a strong need to develop effective preventative and curative interventions to support newborns in early neonatal period.

KEYWORDS: Epidemiology, neonatal infection, early period, general referral hospital.

RESUME: Cette étude a été réalisée dans le but d'analyser l'épidémiologie des infections en période néonatale précoce à l'Hôpital Général de Référence de Bunia. Pour sa réalisation, la méthode transversale appuyée par l'analyse documentaire a été utilisée pour la collecte des données auprès de 3775 enquêtés. Après analyse, il a été révélé ce qui suit:

- La fréquence des infections néonatales précoces à l'HGR/BUNIA de 2018 à 2022 s'élève à 51,68%.
- La fièvre néonatale était le facteur le plus dominant chez les nouveau-nés (67,90%).
- La majorité des enquêtés n'avaient aucun antécédent lié à la mère (81,36%).
- La quasi-majorité des enquêtés étaient soumis à l'Amoxicilline/Ampicilline + Gentamycine (93,88%).
- Plus de 89,97% des enquêtés avaient bénéficié d'un suivi régulier.
- Pour terminer, la guérison était la principale issue de la prise en charge.

Au vu de ces résultats, il convient de signaler que l'infection néonatale en période précoce demeure encore un problème de santé important chez les nouveau-nés. Il est donc nécessaire d'entreprendre des interventions préventives et curatives efficaces à l'égard des nouveaux nés en période néonatale précoce.

MOTS-CLEFS: Epidémiologie, infections néonatales, période précoce, hôpital général de référence.

1 INTRODUCTION

L'infection néonatale bactérienne en période précoce reste l'une des principales causes évitables de mortalité néonatale à travers le monde [1]. Selon l'Organisation mondiale de la Santé [2], plus de 5 millions d'enfants sont morts avant l'âge de 5 ans en 2021, dont 38% de nouveau-nés. La même source indique que la période néonatale précoce est très critique car près des deux tiers de ces décès surviennent à cette période.

La mortalité néonatale globale dans le monde est de 23 pour 100 000 naissances vivantes, avec des disparités. Elle est de 7‰ en Europe, de 29‰ en Asie du Sud-Est et de 34‰ en Afrique. En Afrique de l'Ouest, elle reste encore très élevée. Ainsi, on note un taux de 41‰ en Côte d'Ivoire, 38‰ en Guinée, 32‰ au Niger [3].

Dans le département de Pédiatrie du CHU Gabriel Touré, l'infection néonatale précoce représente la 3^e cause d'hospitalisation et de mortalité après la prématurité et l'asphyxie périnatale, selon les statistiques du service [4]. Le diagnostic de l'infection néonatale en général et néonatale précoce en particulier repose le plus souvent sur une simple présomption clinique et une orientation biologique dans le contexte.

En République démocratique du Congo, une étude menée à Kisangani dans la zone de santé de Kabondo a démontré que plus de 40% des décès dans le premier mois de la vie sont dus aux infections néonatales et que cette mortalité infantile concerne principalement les nouveau-nés de la tranche d'âge de 1 à 7 jours [5]. Dans le même sens, une autre étude menée par l'auteur [6] dans la province de l'Ituri, plus précisément dans la zone de santé de NIZI, à l'Hôpital Général de Référence, a prouvé que 24% des nouveau-nés ont souffert d'infections néonatales en période précoce.

Par ailleurs, une pré-enquête au service de Pédiatrie de l'Hôpital Général de Référence de Bunia, dans l'Unité de la néonatalogie, a révélé que pour le seul mois d'avril 2022, cette unité a admis 32 cas d'infections néonatales en période précoce sur un total de 91 cas, ce qui représente un taux de 35,1%.

Parmi les 32 cas d'infections néonatales précoces, il y a eu 18 décès et 14 guérisons. De ces 18 décès, 14 sont survenus dans les 48 heures et les 4 autres après 48 heures. Eu égard à ce qui précède, cette étude vise à analyser l'épidémiologie des infections néonatales en période précoce à l'unité de Néonatalogie de l'Hôpital Général de Référence de Bunia.

2 METHODOLOGIE

2.1 POPULATION ET ECHANTILLON D'ETUDE

Cette étude a été effectuée à la Pédiatrie de l'Hôpital Général de Référence de Bunia (HGR/Bunia), qui se situe géographiquement dans la Ville de Bunia, Province de l'Ituri, au nord-est de la République Démocratique du Congo. Elle est implantée dans la Zone de santé de Bunia, plus précisément dans le Quartier Mudzi-pela, sur l'Avenue du plateau médical.

La méthode transversale telle que décrite par l'auteur [7] a été utilisée pour la réalisation de cette étude. Tous les nouveau-nés de moins d'une semaine admis au service de néonatalogie de HGR/Bunia de janvier 2018 à décembre 2022 ont été inclus dans l'échantillon de cette étude. Les données ont été collectées grâce à une revue documentaire menée du 06 juillet au 05 août 2022, soit une durée d'un mois. Un guide d'analyse documentaire reprenant les caractéristiques sociodémographiques, cliniques, évolutives et thérapeutiques a été utilisé. L'analyse des données a été réalisée à l'aide du test statistique du Chi-deux, avec une marge d'erreur de 5%.

Les différents principes éthiques ont été respectés lors de la réalisation de cette étude.

3 RESULTATS

Les résultats de cette étude sont repris dans les tableaux 1, 2, 3, 4, 5 et 6 suivantes.

Tableau 1. Fréquence des infections néonatales en période précoce

Variables		N	Infections néonatales précoces							
			Présente	%	Absente	%	x ² cal	ddl	x ² tb5%	SS
Années	2017	720	387	53,75	333	46,25				
	2018	726	356	49,04	370	50,96				
	2019	626	315	50,32	311	49,68				
	2020	820	499	60,85	321	39,15				
	2021	773	337	43,60	436	56,40	75,15	4	9,488	S
Age	0 - 3 jrs	3439	1775	51,61	1664	48,39				
	4 - 7 jrs	226	119	52,65	107	47,35	16,68	1	3,841	S
Sexe	M	1902	934	49,11	968	50,89				
	F	1763	960	54,45	803	45,55	35,67	1	3,841	S
Provenance	ZS	3234	1699	52,54	1535	47,46				
	HZ	431	195	45,24	236	54,76	121,76	1	3,841	S
Total		3665	1894	51,68	1771	48,32				

Légende: ZS: Zone de Santé ; HZ: Hors Zone de Santé.

La fréquence des infections néonatales en période précoce à l'HGR/BUNIA pour les cinq dernières années s'élève à 51,68 %. Cette tendance est partagée par tous les enquêtés. La différence est statistiquement significative pour toutes les variables sociodémographiques.

Tableau 2. Antécédents anatomo-physiologiques liés aux nouveau-nés

Variables	N	FN	%	FPN	%	FSA	%	P	%	RT	%	x ² cal	ddl	x ² tb	SS
Age	0- 3 jrs	1775	1205	67,89	218	12,28	123	6,93	213	12,00	49	2,76			
	4-7 jrs	119	81	68,07	2	1,68	0	0,00	3,00	2,52	0,00	0,00	29,00	4	9,488 S
Sexe	M	934	655	70,13	141	15,10	62	6,64	49	5,25	30	3,21			
	F	960	631	65,73	79	8,23	61	6,35	167	17,40	19	1,98	84,67	4	9,488 S
Provenance	ZS	1699	1142	67,22	131	7,71	110	6,47	179	10,54	48	2,83			
	HZ	195	144	73,85	89	45,64	13	6,67	37	18,97	1	0,51	13,21	4	9,488 S
Total		1894	1286	67,90	220	11,62	123	6,49	216	11,40	49	2,59			

Légende: FN: Fièvre néonatale ; FPN: Faible poids à la naissance ; FSA: Faible Score d'APGAR ; P: Pré maturité ; RT: Refus de téter.

La fièvre néonatale était le facteur le plus dominant chez les nouveau-nés (67,90%). Cette tendance est partagée chez tous les enquêtés. La différence est statistiquement significative pour toutes les variables sociodémographiques.

Tableau 3. Antécédents anatomophysiologiques liés à la Mère

Variables	N	RPM	%	LAM	%	Aucun	%	x ² cal	ddl	x ² tb _{5%}	SS
Age	0 - 3 jrs	1775	218	12,28	134	7,55	1423	80,17			
	4 - 7 jrs	119	1	0,84	0,00	0,00	118	99,16	29,25	2	5,991 S
Sexe	M	934	116	12,42	63	6,75	755	80,84			
	F	960	103	10,73	71	7,40	786	81,88	9,15	2	5,991 S
Provenance	ZS	1699	200	11,77	117	6,89	1382	81,34			
	HZ	195	19	9,74	17	8,72	159	81,54	26,44	2	5,991 S
Total		1894	219	11,56	134	7,07	1541	81,36			

Légende: RPM: Rupture prématurée de membranes ; LAM: Liquide amniotique méconial.

La majorité des enquêtés n'avaient aucun antécédent lié à la mère (81,36%). Cette tendance est partagée chez tous les enquêtés. La différence est statistiquement significative pour toutes les variables sociodémographiques.

Tableau 4. Prise en charge médicale

Variables	N	Amoxicilline/Ampicilline + Gentamycine	%	Céfotaxime + Gentamycine	%	x ² cal	ddl	x ² tb _{5%}	SS
Age	0 - 3 jrs	1775	1676	94,42	99	5,58			
	4 - 7 jrs	119	102	85,71	17	14,29	33,15	1	3,81 S
Sexe	M	934	850	91,01	84	8,99			
	F	960	928	96,67	32	3,33	6,19	1	3,81 S
Provenance	ZS	1699	1590	93,58	109	6,42			
	HZ	195	188	96,41	7	3,59	89,15	1	3,81 S
Total		1894	1778	93,88	116	6,12			

Légende: ZS: Zone de Santé ; HZ: Hors zone de santé.

La quasi-majorité des enquêtés étaient soumis à l'Amoxicilline/Ampicilline + la Gentamicine (93,88%). Cette tendance est partagée par tous les enquêtés. La différence est statistiquement significative pour toutes les variables sociodémographiques.

Tableau 5. Suivi infirmier

Variables	N	Régulier	%	Irrégulier	%	x ² cal	ddl	x ² tb _{5%}	SS
Age	0 - 3 jrs	1775	1598	90,03	177	9,97			
	4 - 7 jrs	119	106	89,08	13	10,92	27,87	1	3,841 S
Sexe	M	934	853	91,33	81	8,67			
	F	960	851	88,65	109	11,35	3,76	1	3,841 NS
Provenance	ZS	1699	1531	90,11	168	9,89			
	HZ	195	173	88,72	22	11,28	0,58	1	3,841 NS
Total		1894	1704	89,97	190	10,03			

Légende: ZS: Zone de Santé ; HZ: Hors Zone de Santé.

Plus de 4/5 des enquêtés avaient bénéficié de suivis réguliers. Cette tendance est partagée par tous les enquêtés. La différence n'est statistiquement pas significative pour toutes les variables sociodémographiques, sauf l'âge.

Tableau 6. Issue de la prise en charge d'infections néonatales en période précoce

Variables	N	Guérison	%	Décès	%	x ² cal	ddl	x ² tb _{5%}	SS
Age	0 - 3 jrs	1775	1608	90,59	167	9,41			
	4 - 7 jrs	119	116	97,48	3	2,52	0,94	1	3,841 NS
Sexe	M	934	853	91,33	71	7,60			
	F	960	861	89,69	99	10,31	11,60	1	3,841 S
Provenance	ZS	1699	1541	90,70	158	9,30			
	HZ	195	183	93,85	12	6,15	4,90	1	3,841 S
Total		1894	1724	91,02	170	8,98			

Légende: ZS: Zone de Santé ; HZ: Hors Zone de Santé.

Plus de 90 % des enquêtés ont constaté que l'issue de la prise en charge était la guérison. Cette tendance a été observée chez tous les enquêtés. La différence est statistiquement significative pour toutes les variables sociodémographiques, sauf l'âge.

4 DISCUSSION DES RESULTATS

4.1 FREQUENCE DES INFECTIONS NEONATALES EN PERIODE PRECOCE À L'HOPITAL GENERAL DE REFERENCE DE BUNIA

La fréquence des infections néonatales précoces à l'HGR/Bunia de 2018 à 2022 était de 51,68 % (Tableau I). Cette tendance rejoint celle observée au CHU de Dakar en 2001 [8]. Par contre, cette fréquence est supérieure à celle de [9] qui avaient trouvé

respectivement 6,2 % et 30,2 % dans leurs études. La fréquence trouvée dans la présente étude est inférieure à celle trouvée par [10], qui avait observé une fréquence de 96,8 %.

La fréquence obtenue se justifie par le fait que l'HGR/Bunia est un Hôpital Général de référence et, en tant que structure de niveau I dans l'échelle des structures de santé en RDC, il dispose d'un plateau technique de néonatalogie très performant pour la période de l'étude. Il est donc sensé recevoir en référence les patients venant de toutes les formations sanitaires de la Zone de Santé de Bunia, de la Ville de Bunia et de ses environs, souvent à des stades assez avancés de la maladie.

4.2 FACTEURS ANATOMOPHYSIOLOGIQUES LIES AUX NOUVEAU-NES

Le facteur associé le plus dominant était la fièvre néonatale chez la majorité de nos enquêtés (Tableau II). Normalement, la prédominance des troubles de régulation thermique, dominés par la fièvre, représentait les manifestations cliniques les plus fréquemment retrouvées dans l'étude de [10]. Cette situation serait justifiée par le fait que la plupart des nouveau-nés seraient confrontés à une immaturité du système immunitaire, ce qui entraîne des troubles thermiques se manifestant principalement par la fièvre.

4.3 FACTEURS ANATOMOPHYSIOLOGIQUES LIES À LA MERE

Nos résultats montrent que le facteur associé le plus dominant était la rupture prématurée des membranes chez la majorité de nos enquêtés. [11] a trouvé un résultat similaire au nôtre, révélant que la rupture prématurée des membranes est le facteur de risque le plus fréquemment retrouvé dans la littérature, avec une association statistiquement significative avec l'apparition de l'infection. En effet, la rupture de la poche des eaux entraîne un risque élevé d'infections fœtales, dont la fréquence est multipliée par 10 à 100 après 24 heures.

Dans le même sens, [12] ont affirmé que les différents facteurs favorisant le passage de la colonisation à l'infection du fœtus sont la virulence et le caractère pathogène du germe en cause, la durée de la colonisation, la quantité d'inoculum, la présence d'une rupture prolongée des membranes, l'immaturité immunitaire du fœtus ainsi que la présence d'anticorps spécifiques d'origine maternelle apportant une séroprotection passive.

4.4 PRISE EN CHARGE MÉDICALE

Notre étude montre que la quasi-majorité de nos enquêtés sont soumis à l'Amoxicilline/Ampicilline + Gentamycine. Ce résultat converge avec celui de [13] selon lequel l'Ampicilline et l'Amoxicilline sont des antibiotiques de la classe des bêta-lactamines et sont efficaces contre les streptocoques B et *Listeria*. Ils sont administrés à une dose de 50 mg/kg 2 fois par jour par voie intraveineuse chez le nouveau-né à terme. Cependant, la flore fécale est modifiée avec une sélection d'autres germes, en raison de l'élimination biliaire de l'antibiotique et d'un cycle entérohépatique, ce qui peut entraîner des infections secondaires chez l'enfant traité ou chez d'autres enfants.

Selon [14], les aminosides (gentamycine et kanamycine) sont des antibiotiques "concentration-dépendants" et sont actifs contre les entérobactéries responsables d'IMF. Pour les SGB, ils agissent en synergie avec les bêta-lactamines. Ils pénètrent faiblement dans le LCR.

Une administration unique par voie intraveineuse toutes les 24 heures pour les nouveau-nés à terme, et moins fréquente pour les prématurés (36 à 48 heures), est désormais la règle en raison de leur activité concentration-dépendante et de leur effet post-antibiotique.

L'utilisation quasi-exclusive de cette combinaison s'expliquerait par l'indisponibilité dans la région d'autres familles d'antibiotiques.

4.5 SUIVI INFIRMIER

La majorité de nos enquêtés (89,97%) ont bénéficié d'un suivi infirmier régulier. La surveillance des nouveau-nés est impérative pendant les 12 premières heures. Une durée de surveillance d'au moins 48 heures est généralement recommandée pour tous les nouveau-nés atteints d'infections, car 95% des infections materno-fœtales surviennent dans les 48 premières heures [15].

Le résultat de la présente étude peut s'expliquer par le fait que le service de néonatalogie est équipé de tous les matériels nécessaires pour la prise en charge infirmière.

4.6 ISSUE DE LA PRISE EN CHARGE DES INFECTIONS NEONATALES EN PERIODES PRECOCES

Ce résultat peut être soutenu par la qualité de soins dispensé à l'Hôpital Général de Référence de Bunia. L'analyse documentaire et la démarche rétrospective n'ont pas permis de dégager d'autres facteurs associés aux infections néonatales en période précoce à l'Hôpital Général de Référence de Bunia, et ce qui constitue la principale limite de la présente étude.

Le principal résultat de la prise en charge des INNP à l'HGR était la guérison (Tableau VI).

A ce propos, notre résultat est comparativement bien supérieur à celui de [10] qui avait trouvé dans sa série un taux de guérison de 83%. Dans le même sens, elle avait obtenu dans une autre série un résultat de guérison encore inférieur (66,4%). Notre résultat rejoint celui de [16], selon lequel la mortalité associée aux infections néonatales précoces est d'environ 10% et les taux de séquelles, surtout après les méningites, ont été évalués à 10-30%.

Selon [17], le taux de mortalité des infections néonatales précoces dans les pays industriels est de 10 à 15 %. Il est plus élevé chez les prématurés (26%) qu'à terme et dans les 24 heures suivant la naissance qu'entre 1 jour et 7 jours. Le pronostic dépend également du germe: la mortalité est plus élevée au-delà de 1 jour pour les infections à entérobactéries que pour les infections à streptocoque du groupe B (SGB).

Ce résultat peut être soutenu par la qualité des soins dispensés à l'Hôpital Général de Référence de Bunia. L'analyse documentaire et la démarche rétrospective n'ont pas permis de mettre en évidence d'autres facteurs associés aux infections néonatales en période précoce à l'Hôpital Général de Référence de Bunia, ce qui constitue la principale limite de la présente étude.

5 CONCLUSION

Cette étude a été menée dans le but d'analyser l'épidémiologie des infections en période néonatale précoce à l'Hôpital Général de Référence de Bunia. La fréquence des infections néonatales précoces à l'HGR/Bunia de 2018 à 2022 est de 51,68%. La fièvre néonatale était le facteur le plus dominant chez les nouveau-nés. Plus de 4/5 des enquêtés n'avaient aucun antécédent lié à la mère. La quasi-majorité des enquêtés étaient soumis à l'Amoxicilline/Ampicilline + Gentamycine. La quasi-majorité des enquêtés ont bénéficié d'un suivi régulier. La quasi-majorité des enquêtés ont guéri suite à la prise en charge.

Afin d'améliorer la santé des nouveau-nés en période néonatale précoce, il est important de renforcer l'HGR/Bunia avec les kits nécessaires pour améliorer les conditions d'accouchement. Pour le personnel soignant, il est important de renforcer les bonnes pratiques lors de l'accouchement. Il est également impératif de renforcer les séances d'éducation sanitaire relatives au respect de l'hygiène corporelle, à la prévention des IST et aux moyens de prévention du paludisme.

REFERENCES

- [1] Moumouni K., Revue malienne d'infectiologie et de Microbiologie 16 (3), 93-96, 2021.
- [2] Organisation Mondiale de la Santé, statistique sanitaire sur fréquence de décès de nouveau-nés à la période néonatale précoce, 2023.
- [3] Dicko-Traoré F., Sylla M., Traoré Y., Traoré A., et al., « Unité de néonatalogie de référence nationale du Mali: état des lieux ». Sante Publique, vol1, n°26, pp.115-121, 2014.
- [4] Samassékou B., Statistiques. Département de Pédiatrie. CHU Gabriel Touré, 2015.
- [5] Kokamwa, Infection néonatale précoce dans la zone de santé de Kabondo à Kisangani (République Démocratique du Congo), 2009.
- [6] Ndjangusi M., Prise en charge des infections néonatales précoces à l'Hôpital Général de NIZI dans la Zone de Santé de NIZI, Travail de Fin de Cycle, ISTM-Nyankunde, Inédit, 2014.
- [7] Vaughan JP et Morrow RH, Manuel d'épidémiologie pour la gestion de santé au niveau du district. Genève: OMS, 1991.
- [8] Cissé et al., Infections bactériennes néonatales au CHU de Dakar. Gynecol Obstet Fertil, 2001.
- [9] Chemsî M. et Benomar S., *Infections bactériennes néonatales précoces*. J PédiatrPueric., n°28, pp.29-37, 2015.
- [10] Sandrine et al., Clinical and bacteriological profile of neonatal bacterial infection and Lquntinie, Douala (Cameroon), 2015.
- [11] Aujard Y., Infections néonatales, 2001.
- [12] Chiabi A., Djoupomb M., Mah E. et al., The clinical and bacteriological spectrum of neonatalsepsis in a tertiaryhospital in Yaounde, Cameroon. Iran J Pediatr., n°21, pp441-8, 2011.
- [13] Masson et al., Antibiotic synergy and antagonism, 2005.
- [14] Gouyon et al., Clinical Pharmacokinetics of Penicillins, Cephalosporins and aminoglycosides in the Neonate, 2003.
- [15] Neal P.R., Kleimam M.B. and RYNOLD J.K., *Volume of blood submitted for cultures from neonates*. J Clin Microbiol., n°24, pp.353-356, 2008.
- [16] Tazi et al., Maternal and perinatal infections to streptococcus agalactiae, 2016.
- [17] Aujard Y., Bacteriology of early neonatal infection in Brazzaville (Congo), 2015.

Intra-tree variability and quality of small-diameter trees from Ivorian secondary forests: The case of *Mansonia altissima*

Thomas Digbe¹, B.F. Niamké¹, B.A. Bley-Atse¹, J.L.L. N'GUESSAN¹, F. Adjé¹, N.J.C. Yao¹, D.K. René¹, A.N. Armand², A. Kouabenan³, T. Fabrice⁴, A.A. Augustin¹, and N. Amussant⁵

¹Institut national polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INP-HB), Laboratoire des Procédés Industriels de Synthèse de l'Environnement et des Energie Nouvelles (LAPISEN), BP 1313 Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

²Institut national polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INP-HB), laboratoire de zoologie et d'entomologie agricole, Côte d'Ivoire

³Institut National Polytechnique Félix Houphouët Boigny, DFR Agriculture et Ressources Animales, Laboratoire de Phytopathologie et de Biologie Végétale, BP 1313, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

⁴Société de Développement Des Forêts, Abidjan, Côte d'Ivoire

⁵Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD), Ecologie des forêts de Guyane (ECOFOG), Guyane, France

Copyright © 2024 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, the rapid disappearance of the natural forest has led the forestry industry to procure small-diameter wood, mainly from secondary forests, whose properties are little known. In order to contribute to a better management of Ivorian forest species, this work aimed to analyze the properties (density and monnin hardness) of Bété, *Mansonia altissima* (A.Chev.), an emblematic species in Côte d'Ivoire. Density of wood and monnin hardness were determined under standards NF B51-005 and NF B51-013 respectively. Statistical analysis showed that Bété has a density of $681.8 \pm \text{SD kg/m}^3$ and a monnin hardness of 3.77. These characteristics indicate that small-diameter wood from secondary forests can be used appropriately for a wide range of applications, just like wood from natural forests.

KEYWORDS: Wood density, monnin hardness, small-diameter wood, *Mansonia altissima*, secondary forest.

1 INTRODUCTION

Côte d'Ivoire is confronted with a crisis in the wood sector. This crisis is reflected in a limited supply of wood resources, which represents a serious problem for the forest-wood industry [1]. In recent years, to respond to the increasing needs of the wood industry, minimum exploitable diameters (MED) were revised downwards in 2006, following technical work carried out by the Direction de la Production et des Industries Forestières and discussed with the various syndicates' of economic operators in the forestry sector [2], then in 2018, 12 years later, another revision of standards for logging aimed at lowering minimum exploitable diameters was proposed, but the results could not be presented to the Council of Ministers due to fierce opposition from donors [3]. For them, the application of these results would promote ecological degradation of the forest. However, this trend of reductions in minimum exploitable diameters will certainly continue and gain momentum in the years to come. Yet less attention is being paid to the quality of small-diameter wood, which represents the most essential part of Côte d'Ivoire's forest resources. Indeed, the reduction in MED combined with difficult growing conditions (different from those in natural forests, due to soil degradation and decreased rainfall) can affect wood quality [4]. Soil degradation and decreased rainfall can also lead to intra-tree variability [5]. Thus, in the context of resource depletion, the new understanding of different tree tissues

could increase the rational use of wood and reduce pressure on forest species, promoting the replenishment of forest stocks and thus maintaining the role of the forest in the country's economy. Due to the positive correlation between it and other physico-mechanical characteristics, wood density is an indicator frequently used to determine wood quality, in the case of species intended for high-value uses [6]. Also, monnin hardness is a particularly important property to know when woods are used for flooring (parquet, flooring and decking), but also for any other use in which the wood is subjected to knocking or punching [6]. In the light of the previously mentioned, the aim of this study is to investigate the intra-tree variability of the monnin hardness and density of small-diameter wood of *Mansonia altissima* (Bété wood).

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 DESCRIPTION OF THE STUDY AREA

The classified forest of Besso, our study area, is located in the administrative region of Mé in south-eastern Côte d'Ivoire (6°10' and 6° 30' North, 3° 35' and 3° 50' West) (figure 1). The choice of this study area was based on the characteristics of the forest (in line with the objectives of the study). Indeed, the classified forest of Besso is a secondary forest in full regeneration [7]. It is located at the top of the interfluvies between the watersheds of the Comoé, Agnéby and Mé rivers, in a landscape of flat plateaus interspersed with broad, flat-bottomed valleys. Altitudes range from 110 to 209 m, with an average of 150 m [7]. Soils are medium to highly desaturated ferrallitic. The climate of the forest is hot and humid, sub-equatorial, with four seasons (a long rainy season from April to June; a short dry season from July to August; a short rainy season from September to October, and a long dry season from November to March) [8]. Average annual rainfall varies between 1,350 and 1,400 mm. The average annual temperature is 26.5°C. In terms of botany, the forest belongs to the mesophilic sector of the Guinean domain, characterized by semi-deciduous dense rainforest [8].

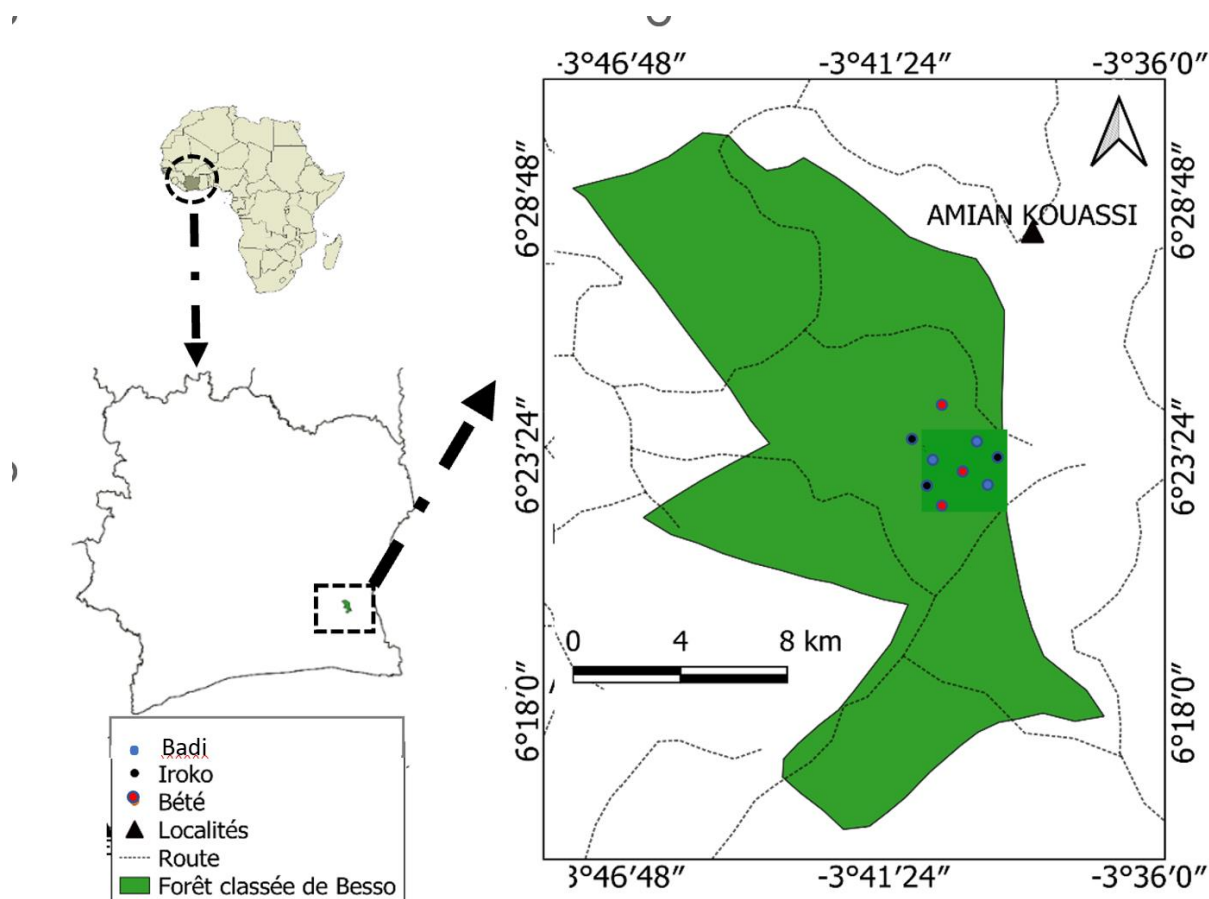


Fig. 1. Map of the classified forest of Besso

2.2 SELECTION AND COLLECTION OF PLANT MATERIAL

In order to avoid heterogeneity due to defects in tree conformation or health, only trees with straight trunks, high forks and no signs of disease were selected and then cut down. The dendrometric characteristics and geographical coordinates of the plants studied are given in Table 1.

Table 1. Measured dendrometric characteristics and geographical coordinates of the trees studied

Species	Diameter in cm	Height in m	Geographic coordinates	
			X (m)	Y (m)
Bété arbre 1	50	15	427566	704960
Bété arbre 2	50	16	425950	704719
Bété arbre 3	50	16	427712	706842

After the trees had been felled in the field, a 1.3 m long, 4 cm thick log was taken from each tree, 1.3 m above ground level, and transferred to the sawmill. Once at the sawmill, a 4 cm-high central plank was cut from each log, then cut into two equal lengths, first radially, then longitudinally, giving 4 half-planks (figure 2). After cutting, the boards were sent to CIRAD's BioWooEB research unit in Montpellier for physical-mechanical testing.

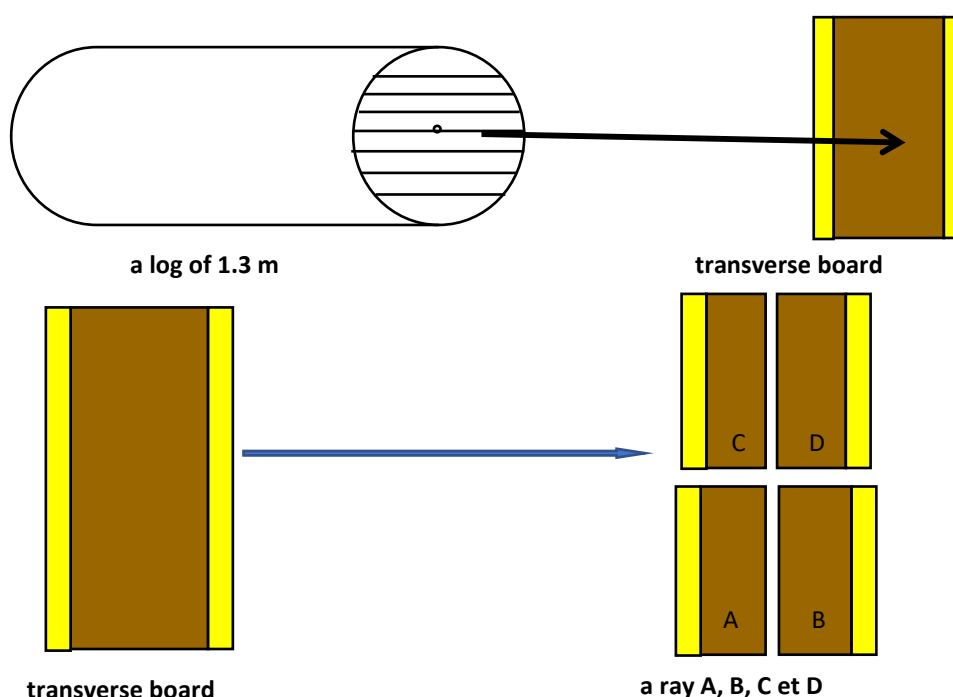


Fig. 2. Sampling design for plots

2.3 PREPARATION OF TEST SPECIMENS

At CIRAD Montpellier, the sample wood boards were first placed in a climatic chamber set at $20 \pm 2^\circ\text{C}$ and $65 \pm 5\%$ relative humidity, for 3 weeks to reduce the wood humidity to 12%. The cross-sections of the trays were marked to identify the position of the specimen blanks intended for testing. Marking was carried out in such a way as to respect the correct orientation of the specimen cross-sections in both radial and tangential directions (figure 3). The study of intra-tree variability in mechanical and physical properties was carried out from the bark to the pith, taking into account 4 radial positions: sapwood, outer heartwood, middle heartwood and inner heartwood. The blanks were then cut at these 4 radial positions and stored at $20 \pm 2^\circ\text{C}$ and $65 \pm 5\%$ relative humidity for 3 weeks. These conditions ensured a wood moisture content of around 12% (reference moisture content for physical and mechanical analyses).

After this stabilization period, a 20 x 20mm oriented bar (2 tangential faces, 2 radial faces) was taken from each blank (Figure 3). Each bar was cut to produce test specimens of dimensions 20 x 20 x 100 mm³, L, R, T. Once machined (Fig. 3), the specimens were sanded with sandpaper to ensure that the surface was free of irregularities. 96 specimens (4 radial positions x 3 shafts x 2 boards x 4 specimens) were used.

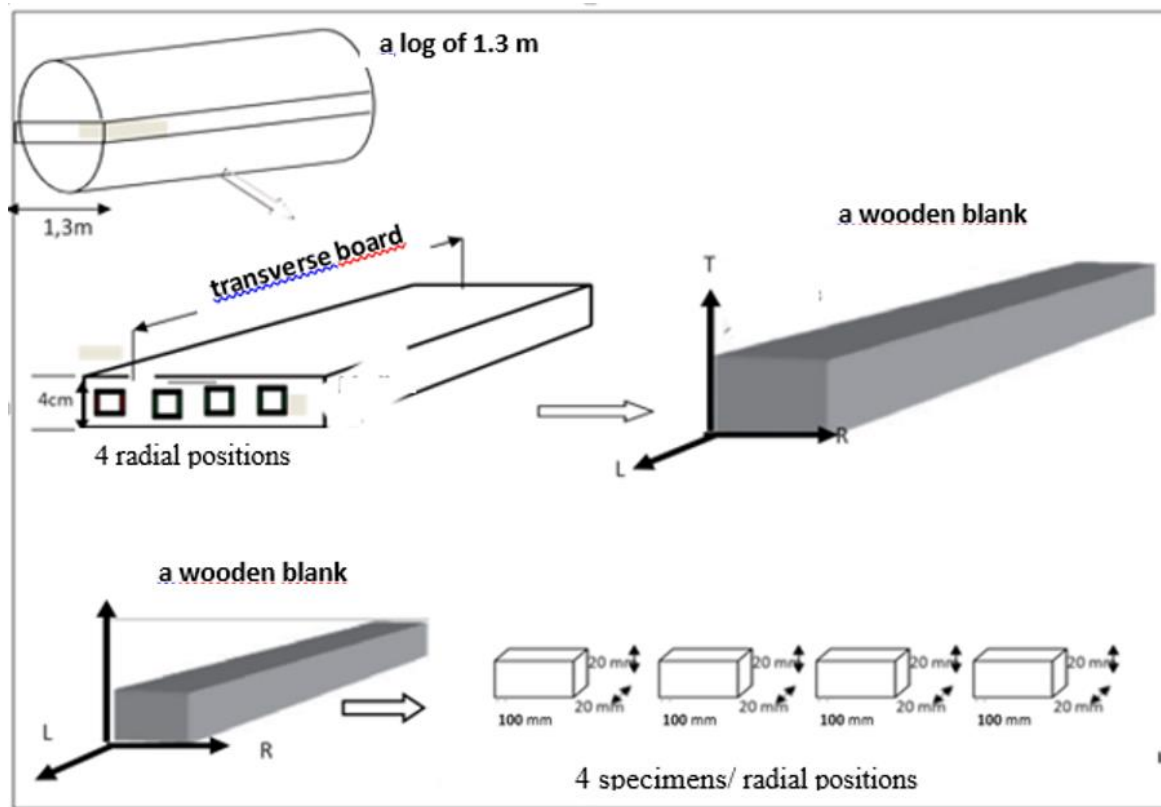


Fig. 3. Specimen sampling schedule

2.4 MEASUREMENT OF WOOD DENSITY AT 12% MOISTURE CONTENT

The nominal density of the wood, expressed in kg/m³, was determined on each test specimen in accordance with standard NF B 51-005. In addition, for each test specimen, the density (D) was obtained by calculating the ratio between the mass of the specimen at 12% moisture content (M12) and its volume at 12% moisture content (V12) according to the following equation:

$$D_{12} = M_{12}/V_{12}$$

where M12 = specimen mass at 12% moisture and V12 = volume at 12% moisture.

The mass of each test specimen was determined using a 0.01 g precision balance, and the dimensions (length, width and thickness) used to calculate its volume were measured using an electronic caliper accurate to 0.01 mm.

2.5 MONNIN HARDNESS MEASUREMENT

Monnin hardness is measured in accordance with French standard NF B51-013 (AFNOR, 1988). In order to do this, the penetration resistance of a metal cylinder of a given radius on the radial face of the wood is determined (applied along a generatrix, under a continuous force up to the maximum load of 1960N). A sheet of carbon paper interposed between the cylinder and the test piece provides a visible imprint, corresponding to the penetration of the cylinder on the radial face of the test piece (Figure 4). For each specimen, the deflection t, in mm, is calculated according to the following formula:

$$t = 15 - 1/2 \sqrt{(900) - a^2} \text{ where } a \text{ is the width of the indentation, in mm}$$

Monnin hardness N is equal to the inverse of penetration deflection. $N = 1/t$

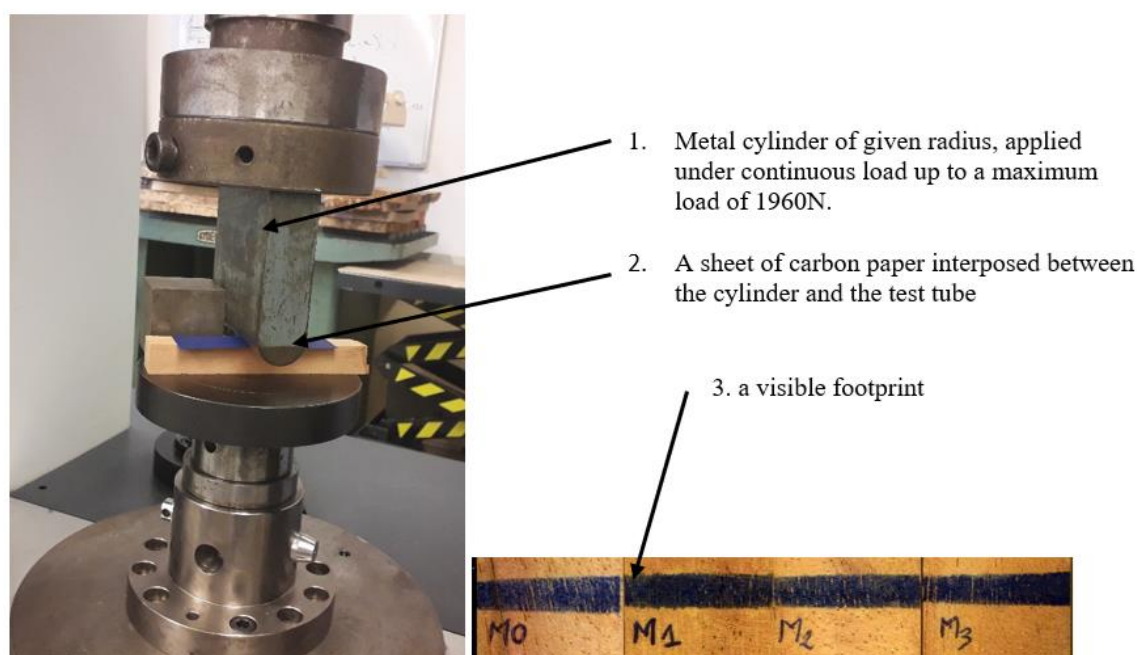


Fig. 4. Monnin hardness test in accordance with the standard NF B51-013

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 WOOD DENSITY

The results of the statistical analysis show that Bété has a density of 681.8 kg/m³, which is in line with the findings of [9], [10]. Based on these observations, Bété can be considered as a medium-heavy wood, with reference to the wood qualification grid proposed in the Tropical Wood Atlas [9]. Indeed, medium-heavy woods cover densities between 650 kg/m³ and 800 kg/m³.

In this work, taking into account the variation in wood density from the pith to the bark enabled a finer characterization of the variation of this property within the tree. This approach can facilitate the study of the effects of climate variation, known to affect wood characteristics [11]. According to these authors, the radial variation in density of tropical species is linked to a mechanism of adaptation to environmental conditions, where the tree modifies its growth according to the seasons and available resources. In the present study, analysis of wood density from pith to bark shows similar patterns of variation. In fact, no significant variation at the 5% confidence level ($p = 0.09$) was observed between the different tissues of the tree (inner heartwood, intermediate heartwood, outer heartwood and sapwood). Furthermore, in terms of classification, the different tree tissues all belong to the same density class (mid-hardwood) (Table 2). This homogeneity of wood density is not only a desired characteristic for the industry, but is also an indicator of the trees' resistance to environmental stresses such as drought episodes. Moreover, during its development, the tree is subjected to various constraints linked to its environment [12]. In response to these constraints, the functional performance of wood is adjusted by property variations [12]. However, intra-tree variability in wood mechanical properties could be associated with the genetic and/or heliophilic character of trees. Indeed, a study by [12] showed that the physical and mechanical properties of wood decrease from the bark towards the pith of the wood. This type of variation is considered a characteristic of heliophilic trees and is interpreted as an adaptation of the tree to a growth mode that initially favors significant height growth in the absence of rigid, dense wood [13]. Then, in a second phase, the latter favors the rigidification and perpetuation of the tree structure through the establishment of denser wood in the absence of lower height growth [13].

Table 2. Intra-tree variability of Bété wood density

Radial positions	Mean (kg/m ³)	Density class
Sapwood	681,75 ± 102,58	semi-heavy
Outer heartwood	677,11 ± 86,90	semi-heavy
Middle heartwood	679,81 ± 108,72	semi-heavy
Inner heartwood	689,00 ± 106,88	semi-heavy

3.2 MONNIN HARDNESS

To study the mechanical properties of Bété, we used monnin hardness, one of the most important mechanical characteristics of wood. The results showed that the Monnin hardness of Bété is 3.77, which classifies it among medium-hard woods with reference to the wood qualification grid proposed in the Tropical Wood Atlas [9]. Indeed, hardwoods cover the hardness class between 3 and 6. The values obtained in this study are in line with those found in the literature [9]. Thus, this study attests to the fact that reducing the minimum exploitable diameter of Bété does not result in a loss of wood quality. A similar study focusing on tree age and carried out on plantation teak concluded that the quality of young trees (13 to 21 years old) were not necessarily inferior to those observed in older trees (55 to 65 years old) and that reducing the rotation age of fast-growing teak was without risk (Hounlonon et al., 2017). Another study carried out on the mechanical properties of teak wood from fast-growing plantations of different ages showed that density, modulus of rupture, modulus of elasticity and natural durability were essentially the same [14].

Table 3 shows the mean values obtained for the 4 radial positions (inner heartwood, middle heartwood, outer heartwood and sapwood). The pattern of variation in hardness is similar to that of density. Indeed, no significant variation at the 5% confidence level ($p = 0.12$) was observed between the different tree tissues (inner, intermediate and outer heartwood and sapwood).

Table 3. Intra-tree variability in beech heartwood hardness

Radial positions	Mean	monnin hardness Class
Sapwood	3,832 ± 0,752	Semi-hard
Outer heartwood	3,763 ± 0,708	Semi-hard
Middle heartwood	3,856 ± 0,772	Semi-hard
Inner heartwood	3,746 ± 0,762	Semi-hard

3.3 RELATIONSHIP BETWEEN DENSITY AND MONNIN HARDNESS

The aim of this section was to predict wood quality (monnin hardness) on the basis of density, an easily measurable indicator. Figure 5 shows a close relationship between density and monnin hardness. The study revealed that density and Monnin hardness were positively correlated, with a coefficient of determination of 0.74 ($P = 0.0001$). It is therefore possible to predict the monnin hardness of wood from its density. Similar results were obtained [6] on *Pterocarpus erinaceus*. The study of relationships between wood properties also makes it possible to identify some characteristics whose determination in the laboratory can be relatively laborious and require substantial equipment, but which can be estimated with sufficient reliability from basic properties obtained quickly in routine testing, such as wood density.

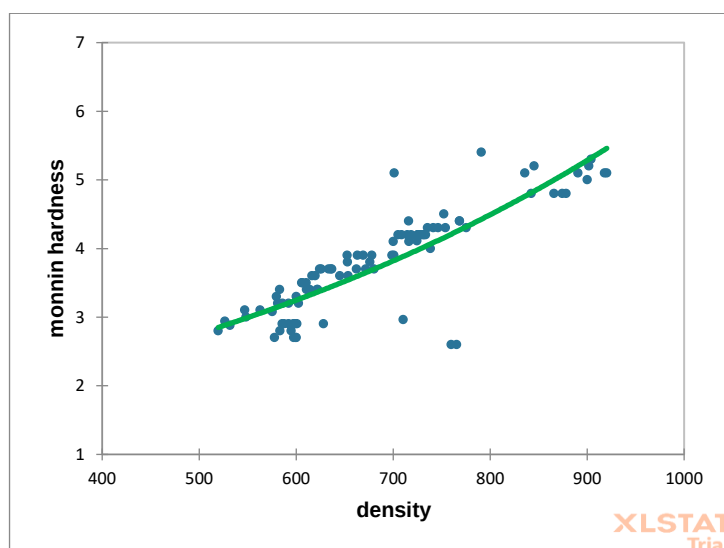


Fig. 5. *Correlations between density and monnin hardness of Bété wood*

4 CONCLUSION

The aim of this study was to investigate the intra-tree variability of the mechanical and physical properties (hardness and density) of *Mansonia altissima* wood, whose diameters fluctuate around the EMD. The mechanical and physical properties of Bete were studied using small-diameter trees from secondary forests. The results obtained for the density and monnin hardness classify Bété as a wood with average physical and mechanical characteristics. In view of these results, we can conclude that small-diameter wood (diameter fluctuating around the minimum exploitable diameter) can be reserved for the same uses as large-diameter wood. However, as the results were obtained on a small number of samples (3 trees/species), it is important to validate the initial conclusions of this work on a larger sample.

ACKNOWLEDGMENTS

We would like to express our deep gratitude to the Ivorian and French governments for co-financing this research project through the Contrat de Désendettement et de Développement (C2D CI-2). We thank the Société de Développement des Forêts (SODEFOR) and the company Industrie de Promotion du Bois (INPROBOIS) for supplying the plant material. We also thank the Doctoral School of INP-HB and the Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) for the scientific supervision of the first author's doctoral research.

REFERENCES

- [1] ATIBT. (2020). Rapport sur la filière bois en Côte d'Ivoire : Etude sur l'état des lieux des acteurs. <https://www.atibt.org/fr/news/12871/filiere-bois-en-cote-d-ivoire-etude-sur-l-etat-deslieux-des-acteurs>.
- [2] Louppe, D. (2000). Programme arbres et plantations, Rapport de Mission en Côte d'Ivoire du 31 janvier au 13 février 2000. 121.
- [3] Anonyme (2018). Rapport relatif à la modification des diamètres minima d'exploitabilité dans les périmètres d'exploitations, Ministère des eaux et Forêts Côte d'Ivoire.
- [4] Gagné, L., Lavoie, L., & Binot, J.-M. (2012). Croissance et propriétés mécaniques du bois après éclaircie commerciale dans une plantation d'épinette blanche (*Picea glauca*) âgée de 32 ans. *Canadian Journal of Forest Research*, 42 (2), 291-302. <https://doi.org/10.1139/x11-181>.
- [5] Giroud, G. (2005). Caractérisation de la proportion de bois d'aubier et de duramen chez le bouleau à papier (*betula papyrifera* marsh) Mémoire de master université laval québec sh.). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20208.10247>.
- [6] Segla, K. N., Kokutse, A. D., Adjonou, K., Langbour, P., Chaix, G., Guibal, D., & Kokou, K. (2015). Caractéristiques biophysiques du bois de *pterocarpus erinaceus* (poir.) en zones guinéenne et soudanienne au togo. *bois & forets des tropiques*, 324 (324), 51. <https://doi.org/10.19182/bft2015.324.a31266>.
- [7] Beibro, H. Y. (2010). Diversité avifaunique de la forêt classée de la Besso, Sud-Est de la Côte d'Ivoire. *Sciences & Nature*, <https://doi.org/10.4314/scinat.v7i2.59964>.
- [8] Adou Yao, C. Y., Kpangui, K. B., Kouao, K. J., Adou, L. M. D., Vroh, B. T. A., & N'Guessan, K. E. (2013). Diversité floristique et valeur de la forêt sacrée Bokasso (Est de la Côte d'Ivoire) pour la conservation. *Vertigo : la revue électronique en sciences de l'environnement*, 13 (1). <https://www.erudit.org/en/journals/vertigo/1900-v1-n1vertigo01515/1026585ar/>
- [9] Gérard J., Guibal D., Cerre J. C., Paradis S. et al., 2016. Atlas des bois tropicaux -Caractéristiques technologiques et utilisations. Éditions Quae, 1002 p.
- [10] Ajala, O. (2021). Specific gravity and mechanical properties of *aningeria robusta* wood from nigeria. *Journal of Tropical Forest Science*, 32 (8).
- [11] Plourde, Benjamin T., Vanessa K. Boukili, et Robin L. Chazdon. 2015. « Radial Changes in Wood Specific Gravity of Tropical Trees: Inter- and Intraspecific Variation during Secondary Succession ». Édité par Niels Anten. *Functional Ecology* 29 (1): 111-20. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12305>.
- [12] Hounlonon, M. C., Kouchade, C. A., & Kounouhewa, B. B. (2017). Propriétés physiques et mécaniques du bois de teck de provenances tanzanienne et locale au Bénin. *Bois & forets des tropiques*, 331, 45-53. <https://doi.org/10.19182/bft2017.331.a31325>.
- [13] Lehnebach, R., Bossu, J., Va, S., Morel, H., Amusant, N., Nicolini, E., & Beauchêne, J. (2019). Wood Density Variations of Legume Trees in French Guiana along the Shade Tolerance Continuum : Heartwood Effects on Radial Patterns and Gradients. *Forests*, 10 (2), 80. <https://doi.org/10.3390/f10020080>.
- [14] Bhat K. M., 1998. Properties of fast-grown teak wood: impact on end-user's requirements. *J. Trop. For. Prod.* 4 (1): 1-10.

Etude minéralogique, pétrographique et évaluation du potentiel de la rivière Lukula au sein du territoire de Lukula dans la province du Kongo Central de la République Démocratique du Congo

[Mineralogical and petrographic study and evaluation of the potential of Lukula River within the Lukula territory in the Central Kongo province of the Democratic Republic of Congo]

Kaluma Mabaya Souhait, Diazo Ishiyama, Mabilia Luamba Maurice, Puati Puati Daddy, Okondo Nkoso Michel, Logro Sapa Richard, Lubanzadio Sevuanga Anthony, Pinganay Sabua Shoupat, Kabongo Chadrack, and Ntjmba Bernardino Natália Helena

Centre de Recherches Géologiques et Minières (CRGM), B.P. 898, Kinshasa I, RD Congo

Copyright © 2024 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 Democratic Republic of Congo is one of the vast countries of the African continent, with a surface area of 2345 million km². It has a rich soil and subsoil that can be used as a primary development sector. The geology of the DRC is known only in a regional context, i.e., not in great detail, and requires a great deal of investigation on smaller scales. With this in mind, we aim to provide more detailed data on the geology of the Lukula region. The aim is to find occurrences of mineralization in the various formations encountered and evaluate its river (Rivière Lukula) in order to propose a model for the circulation of fluids carrying these mineralizations and finally to plan a prospective study. Our study area is the Lukula territory, which is rich in mineral concentrations, which is why we focused on in situ and laboratory petrography, laboratory metallogeny and metallography, and the evaluation of its large river, where mining activities take place (artisanal mining). Artisanal gold mining has been going on for decades now, and during our fieldwork we got our fingers on the gold and some diamond showings in our study area.

KEYWORDS: Rocks, metallogeny, metallography, alluvial deposits, gravel.

RESUME: La République Démocratique du Congo fait partie des vastes pays du continent africain avec une superficie qui couvre 2345 millions de km². Elle renferme un sol et un sous-sol riches qui peuvent constituer un secteur primaire de développement. La géologie de la RDC est connue de manière régionale, c'est-à-dire peu détaillée et nécessite de nombreuses investigations à des échelles plus réduites. C'est dans cette optique que nous souhaitons apporter des données plus détaillées sur la géologie de la région de la Lukula. L'objectif poursuivi est de trouver des occurrences de minéralisation dans les différentes formations rencontrées et évaluer sa rivière (Rivière Lukula) afin de proposer un modèle de circulation des fluides porteurs de ces minéralisations et enfin de planifier une étude prospective. Le territoire de Lukula est notre zone d'étude ce dernier contient des concentrations minérales, raison pour laquelle nous nous sommes concentrés sur l'aspect pétrographique **in situ et au laboratoire**, métallogénique et **métallographique au laboratoire** ainsi que l'évaluation de sa grande rivière où se passe les activités minières (Exploitation artisanale). L'exploitation artisanale de l'or ça date **longtemps donc des décennies** jusqu'à présent, et pendant notre descente sur terrain nous avons palpé du doigt l'or et quelques indices du diamant dans notre zone d'étude.

MOTS-CLEFS: Roches, métallogénie, métallographie, gisement alluvionnaire, gravier.

1 INTRODUCTION

La Province du Kongo Central où se trouve notre zone d'étude est comprise entre 4°14' et 6°06' de Latitude Sud et entre 12°16' et 15°25' de longitude Est. Sa surface couvre une zone de 53.855 km² de superficie. Le Kongo-Central est bordé au Nord par le Congo Brazzaville, au Sud par l'Angola, à l'Est par la ville de Kinshasa et la Province du Kwango et à l'Ouest par l'Océan Atlantique et l'enclave angolaise de Cabinda.

Quant à notre zone d'étude, elle est localisée dans la province du Kongo Central, le district du bas-fleuve, territoire de Lukula, compris entre 12°49'00" et 13°5'00" de longitude Est; et entre 5°16'00" et 5°28'00" de latitude Sud avec un superficie de 3 270 km². Il est délimité au nord par le territoire de Tshela, à l'Est par le territoire de Seke-Banza, à l'ouest par l'enclave de Cabinda (Angola) et au sud par le territoire de Moanda (Fig.1). Les villages présentant une forte fréquentation dans ce territoire sont: cité de Lemba, cité de Lukula et cité de Patu, cité de Nsioni.

Ensuite le territoire de Lukula est traversé par la grande rivière appelée rivière Lukula et avec beaucoup des affluents (rivière Mbavu, Fubu, Nkieba, Nlemba,) qui se jettent à la rivière Lukula et cette dernière se jette à la rivière chiloango.

Les roches de Lukula en générale se trouvent dans les formations géologiques du groupe de Tshela, Kimuaka et une partie de Pinda, ont fait l'objet de quelques travaux géologiques [1], [2].

Cette étude pétrographiques et minéralogique de différents faciès des roches métamorphique du groupe de Tshela et de Kimuaka rencontrés dans la rivière Lukula vient donc compléter les descriptions précédentes tant macroscopiques que microscopiques faites par nos prédécesseurs dans l'objectif de recueillir les nouvelles informations nécessaires concernant les caractères macroscopiques et microscopiques, afin d'apporter des arguments cohérents permettant de situer la substance aurifère de cette zone.

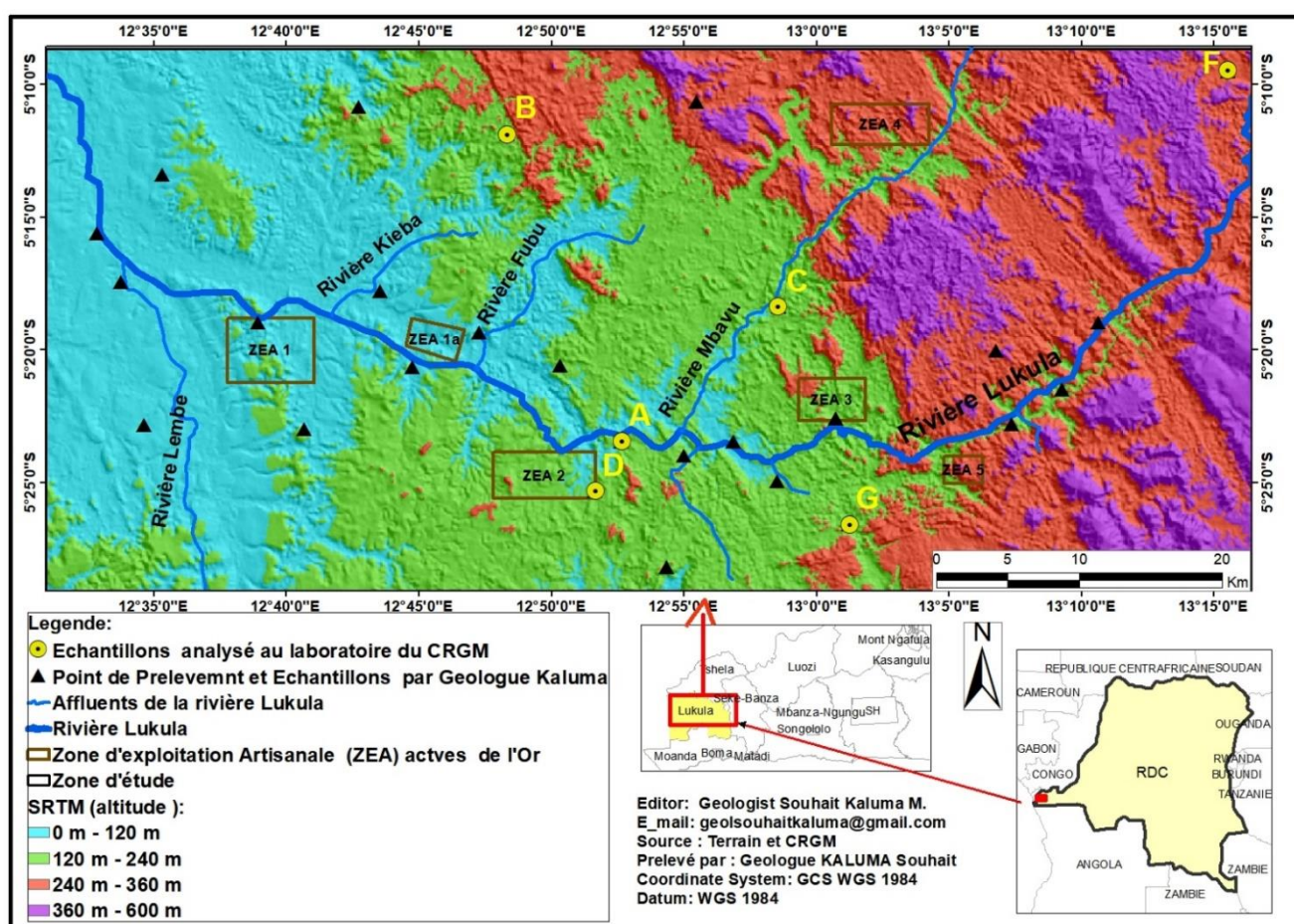


Fig. 1. Carte d'échantillonnage et localisation géographique de la zone d'étude

2 CONTEXTE GEOLOGIQUE

Au Kongo Central, les roches vertes de Gangila attribuées au Supergroupe de l'Ouest-Congo du Néoprotérozoïque, où les formations basales (Formations de metabasites de Gangila et d'Inga) du Groupe de Seke-Banza / Tshela ont été daté du Tonien précoce (1000 à 920 Ma) dans la chaîne panafricaine de son éponyme ([3], [4], [5]). Ces formations basales composées de laves basaltiques vert foncées amygdalaires en bancs pluri décimétriques montrant une nette rythmicité entre la partie inférieure massive et la partie supérieure à texture amygdalaire, friable (Formation de Gangila) et de coulées rhyolitiques et d'ignimbrites, avec intercalations mineures de volcano-sédiments acides (tufs, bombes,...) et de sédiments quartzitiques et quartzophylladeux, présentant de grandes variations de faciès (Formation d'Inga).

Toutes ces formations reposent sur les formations du Groupe de Matadi (quartzites massifs de Matadi et métarhyolites de Palabala) lesquelles reposent en discordance sur le Socle Paléoprotérozoïque Kimezien [3].

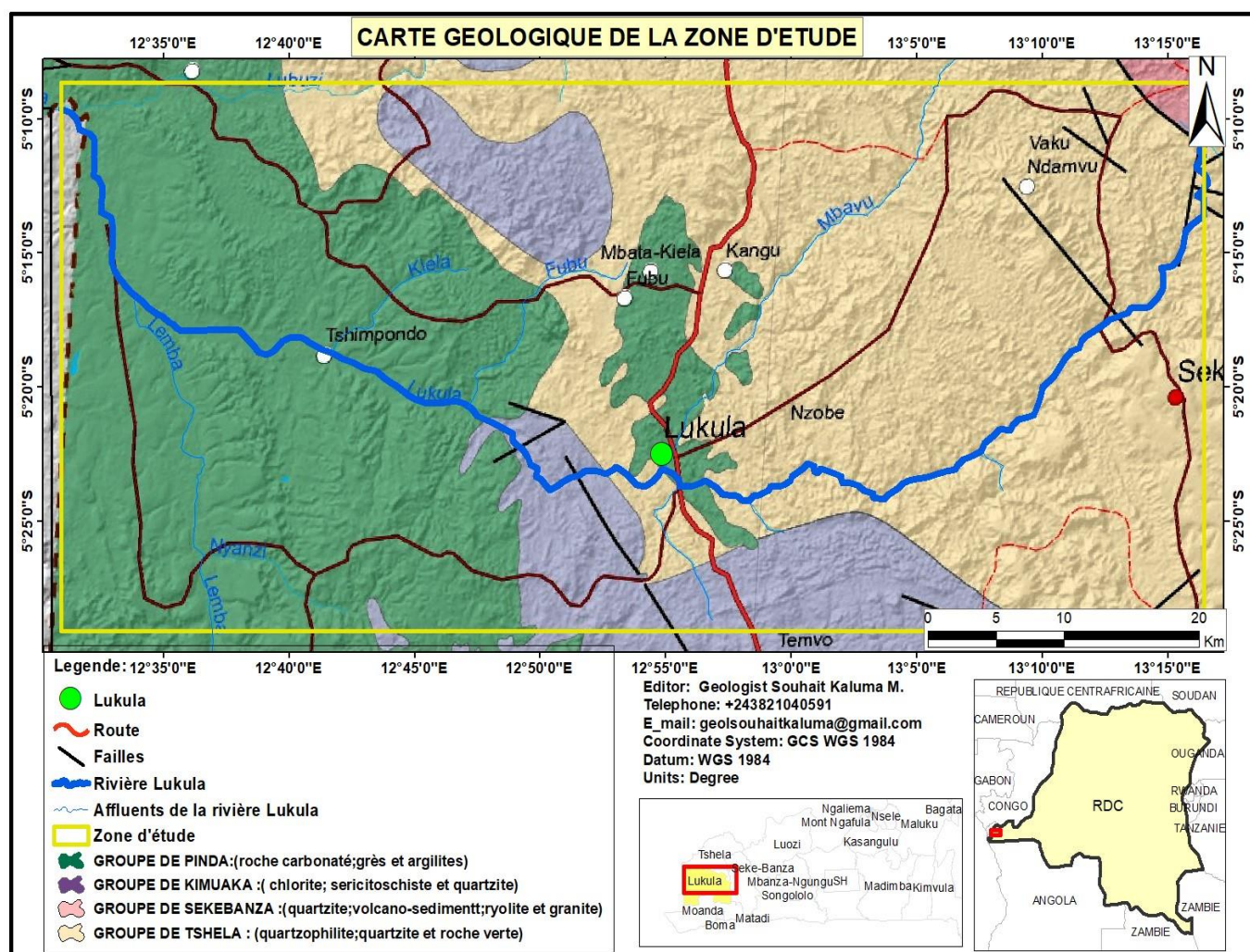


Fig. 2. Carte géologique du secteur d'étude (Extrait de la carte géologique de la Province du Kongo Central; E: 1/ 500.000, [5])

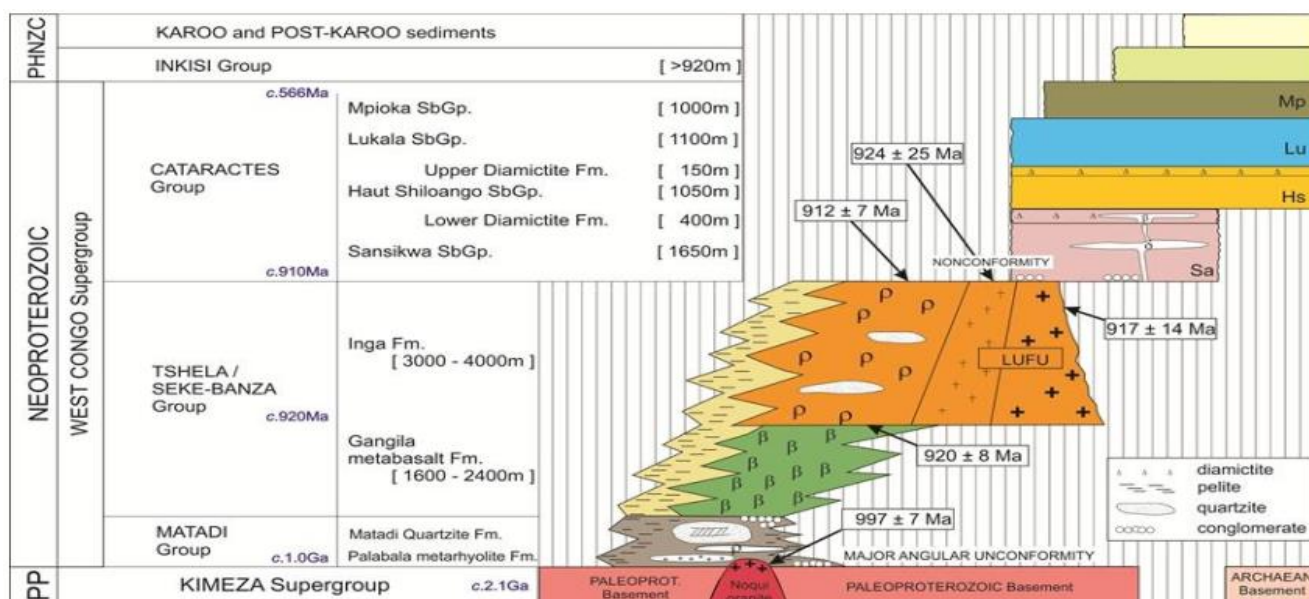


Fig. 3. Reconstruction lithostratigraphique du Supergroupe Néoprotérozoïque Ouest-Congo ([6], [9])

La chaîne de l'Ouest-Congo est installée entre les cratons archéens du Kasai, au sud-est et du Chaillu, au nord-ouest et se développe sur plus de 1400 Km de longueur et 150 à 300 Km de largeur, le long de la marge occidentale du craton du Congo à partir du sud-ouest de la République du Gabon, en passant par l'ouest de la République du Congo, l'extrême ouest de la République Démocratique du Congo, le nord-ouest de la République d'Angola jusqu'au Brésil où elle prend le nom de la Chaîne Araçuaí. La chaîne a ainsi été dénommée Araçuaí - West Congo Orogen (AWCO) (Figure 4).

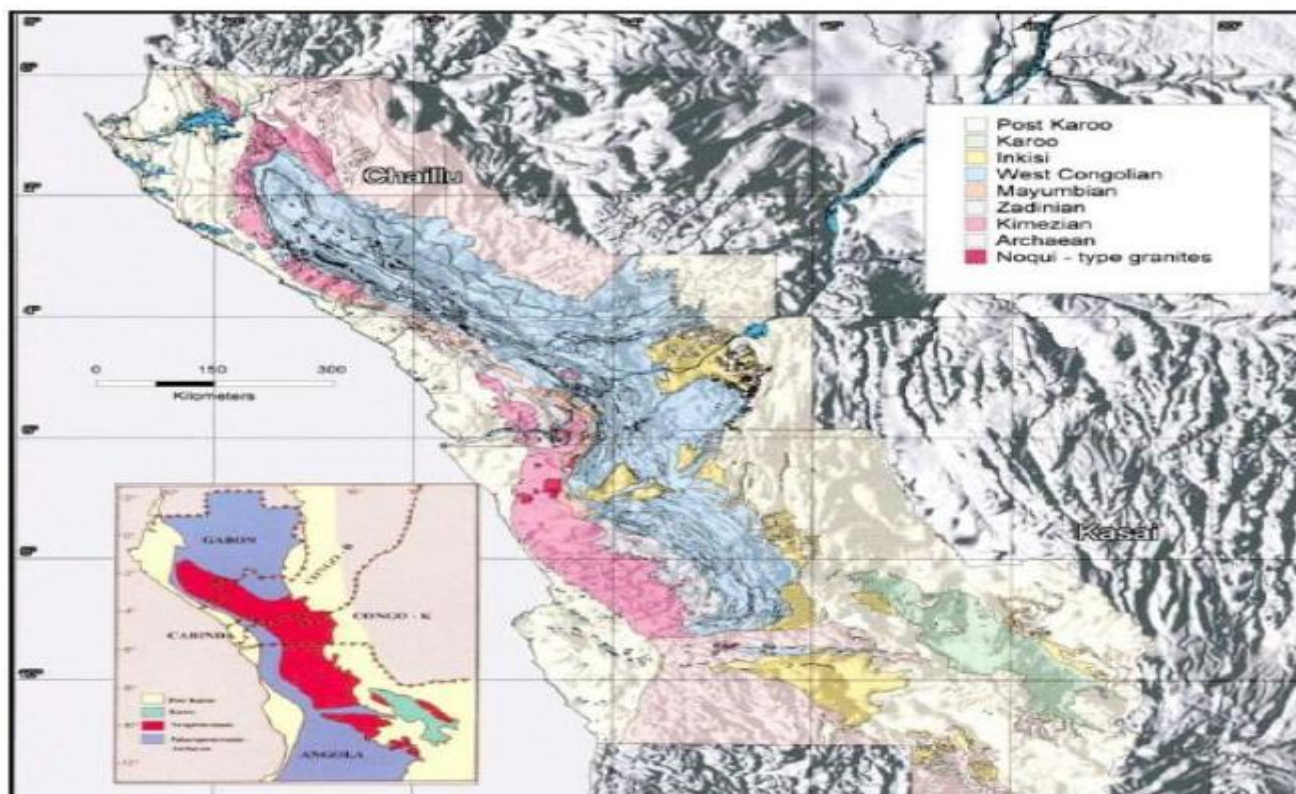


Fig. 4. Carte géologique et localisation de la chaîne panafricaine Ouest-Congo, compilé de cartes géologiques de Gabon la

l'échantillonnage; d'une loupe minéralogique pour l'identification des minéraux et les éléments figurés dans la roche; d'un carnet de terrain pour noter toutes les observations et mesures de terrain; d'un appareil photographique; des sachets d'emballage des échantillons et d'un sac. Le logiciel d'application ArcGis 10.7, QGIS 3.16, Surfer 13 installés dans l'ordinateur nous a permis de traiter les données spatialisées collectées sur le terrain et d'élaborer les cartes. Au total, 20 échantillons ont été prélevés sur le terrain et cinq échantillons, représentant chacun un faciès pétrographique identifié sur le terrain, ont été sélectionnés et servi à la confection des lames minces avec une épaisseur standard de 30 microns. L'observation de ces dernières a été possible grâce à l'utilisation d'un microscope binoculaire de marque LEITZ Wetzaler.

3.2 MÉTHODES

Dans cette étude, nous avons recouru à la méthode documentaire, suivi des investigations sur le terrain et des travaux de laboratoire. La méthode documentaire nous a permis de consulter les travaux antérieurs (thèses et mémoires d'études géologiques, les annales scientifiques, les bulletins, les revues scientifiques, les cartes géologiques de la région d'étude, les images satellites, etc.) ayant trait à la géologie de la province du Kongo Central dans le but d'avoir une idée sur les formations à cartographier, les coupes géologiques déjà élaborées, le style tectonique ainsi que les problèmes en discussion. Ceci était utile pour orienter les itinéraires favorables pour le levé sur le terrain, etc. Sur le terrain, nous avons effectué un levé géologique itinérant le long de la rivière Lukula, accompagné de descriptions macroscopiques des roches. Au laboratoire, nous avons procédé, à l'aide des lames minces et du microscope binoculaire de marque Leitz Wetzaler, à la description microscopique des lames minces dans le but d'améliorer les descriptions pétrographiques faites sur le terrain; ce qui nous a permis de bien définir la composition minéralogique, la structure et la texture des différentes roches. Pour la détermination des minéraux des roches au microscope polarisant, nous nous sommes référés aux méthodes et les caractéristiques décrit par [13]. Les lames minces confectionnées ont été observé au microscope polarisant en Lumière Polarisée Non Analysée (LPNA) et en Lumière Polarisée Analysée (LPA). Ces dernières nous ont permis de déterminer les caractéristiques microscopiques des minéraux.

4 RÉSULTATS

4.1 ETUDE PETROGRAPHIQUE

Les observations macroscopiques des différents échantillons des roches et microscopiques des lames minces ont permis d'observer les minéraux des roches ci-après:

4.1.1 LES METAQUARTZITES

CARACTÈRES MACROSCOPIQUES

La roche présente une succession des bancs massifs à grains fins de couleur gris clair, le clivage est irrégulier, cassure conchoïdale c'est-à-dire aucun plan de cassure défini, l'épaisseur des bancs varie des bas en haut présence des grains de quartz à plus de 70%.il s'agit d'un métaquartzite, (Figure 7A) ci-dessous.

CARACTÈRES MICROSCOPIQUE

La roche présente une texture granoblastique qui se remarque par des cristaux moyens subautomorphes et xénomorphes de quartz de teinte blanche ou grise à extinction droite en LPA et incolore en LPNA. Certains de ces cristaux sont légèrement craquelés tandis que d'autres sont de petite taille et s'intercalent entre les cristaux moyens. La roche est un métaquartzite, (figure 8A) ci-dessous.

4.1.2 LES CHLORITOSCHISTES

CARACTÈRES MACROSCOPIQUES

Ils sont massifs, verdâtres et contiennent des cristaux de couleur verte (chlorites) en lamelles aplaties en proportion élevée, des cristaux de quartz automorphes dispersés dans la masse rocheuse, des cristaux de feldspaths allongés ainsi que des cristaux jaunes à aspect brillant. Ces chloritoschistes présentent une altération en jaune sous forme d'auréole autour des cristaux de quartz, (figure 7B) ci-dessous.

CARACTÈRES MICROSCOPIQUE

La roche présente une schistosité de crénulation qui se traduit par l'alternance des niveaux granoblastiques à quartz de teinte blanche ou grise (LPA) et incolore (LPNA) avec des niveaux lépidoblastiques microplissés à chlorite de teinte brunâtre (LPA) et vert à vert jaunâtre (LPNA). La roche est un Chloritoschiste, (figure 8B) ci-dessous.

4.1.3 LA MIGMATITE

CARACTÈRES MACROSCOPIQUES

La roche massive, de coloration gris sombre avec des teintes noirs et roses, les grains sont moyennement grossiers, le clivage est irrégulier, cassure conchoïdale c'est-à-dire aucun plan de cassure défini, présence de quartz et feldspaths. Il s'agit d'une migmatite, (figure 7C) ci-dessous.

CARACTÈRES MICROSCOPIQUES

La roche présente une texture granoblastique constituée des porphyroblastes de plagioclase a macles polysynthétiques, des amas a feuillets de biotite de teinte brune (LPA et LPNA) mélanges des rares aiguilles de muscovite de teinte jaune du 3ième ordre (LPA) et incolore (LPNA). A l'intérieur des porphyroblastes de plagioclase, s'observent des inclusions de quartz et de muscovite. La roche est une migmatite, (figure 8C) ci-dessous.

4.1.4 LE GRANITE MYLONITISE

CARACTÈRES MACROSCOPIQUES

Roche massive, de colorations noires avec des grains grossiers visibles à l'œil nu, présence d'orthose, quartz et feldspaths. Le clivage est irrégulier, cassure conchoïdale c'est-à-dire aucun plan de cassure défini. la roche définit une certaine alternance entre les minéraux rose et gris, (figure 7D) ci-dessous.

CARACTÈRES MICROSCOPIQUE

La roche présente une texture mylonitique mise en évidence par deux linéations. La première se remarque par des porphyroblastes de quartz et des cristaux de plagioclase allongés parallèlement aux feuillets de biotite et de muscovite alignés suivant une direction. La deuxième, recoupant obliquement la première, est traduite par l'alignement des seuls feuillets de biotite. Le quartz se remarque par de teinte blanche ou grise, le plagioclase par des macles polysynthétiques, la muscovite par des teintes vives de la fin du 2ième et 3ième ordres et la biotite par la teinte brun sombre en LPA. En LPNA, les trois premiers minéraux cités sont incolores tandis la biotite est brun clair. La roche est un granite mylonitisé, (figure 8D) ci-dessous.

4.1.5 LE GRANITE MYLONITISE

CARACTÈRES MACROSCOPIQUES

La roche massive de coloration rosâtre avec des taches noires à l'intérieur ; les grains sont grossiers visibles à l'œil nu, présence du quartz, feldspath, orthose, hématite, le clivage est irrégulier, cassure conchoïdale c'est-à-dire aucun plan de cassure défini, la roche est fracturée. Il s'agit d'un granite (figure 7F) ci-dessous.

CARACTÈRES MICROSCOPIQUES

La roche présente une texture mylonitique mise en évidence par deux linéations. La première se remarque par des porphyroblastes de quartz et des cristaux de plagioclase allongés parallèlement aux feuillets de biotite et de muscovite alignés suivant une direction. La deuxième, recoupant obliquement la première, est traduite par l'alignement des seuls feuillets de biotite. Le quartz se remarque par de teinte blanche ou grise, le plagioclase par des macles polysynthétiques, la muscovite par des teintes vives de la fin du 2ième et 3ième ordres et la biotite par la teinte brun sombre en LPA. En LPNA, les trois premiers minéraux cités sont incolores tandis la biotite est brun clair. La roche est un granite mylonitisé, (figure 8F) ci-dessous.

4.1.6 LE METAQUARTZITE

CARACTÈRES MACROSCOPIQUES

La roche présente une succession des bancs massifs à grains fins de couleur rosâtre, le clivage est irrégulier, cassure conchoïdale c'est-à-dire aucun plan de cassure défini, l'épaisseur des bancs varie des bas en haut, les minéraux observés sont le quartz et l'orthose. il s'agit d'un métaquartzite rose, (Figure 7G) ci-dessous.

CARACTÈRES MICROSCOPIQUE

La roche présente une texture granoblastique constituée essentiellement des petits cristaux subautomorphes de quartz de teinte blanche ou grise, à extinction à droite en LPA et incolore en LPNA entourant des gros cristaux xénomorphes de quartz. La roche est un métaquartzite, (figure 8G) ci-dessous.



Fig. 7. Vues macroscopiques des échantillons de la zone d'étude: (A) Métaquartzite; (B) Chloritischiste; (C) Migmatite; (D) Granite mylonitisé; (E) Granite mylonitisé; (F) Granite mylonitisé; (G) Métaquartzite

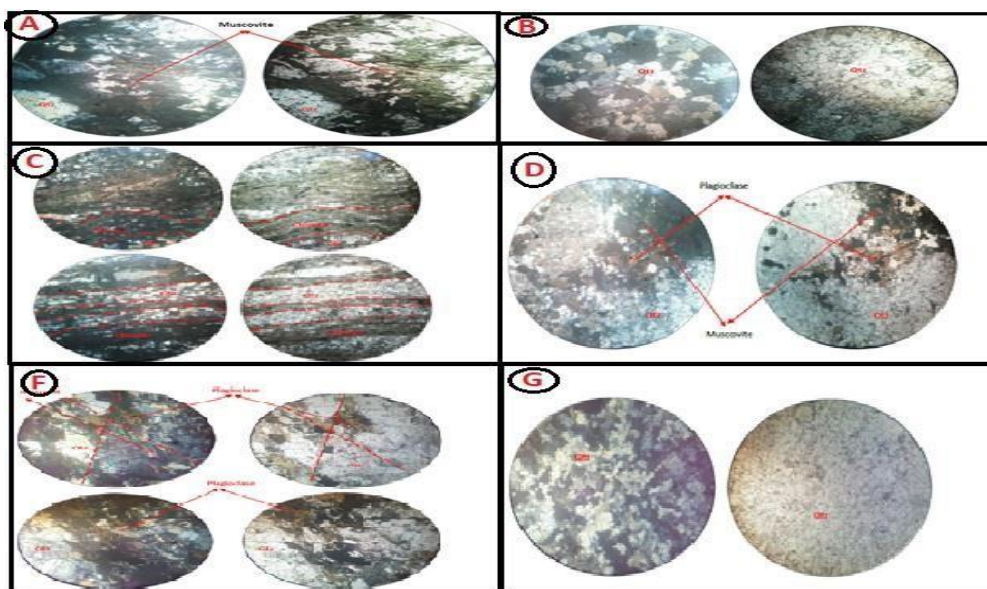


Fig. 8. Vues microscopiques en LPA des lames minces de la zone d'étude: (A) Métaquartzite; (B) Chloritoschiste; (C) Migmatite; (D) Granite mylonitisé; (E) Granite mylonitisé; (F) Granite mylonitisé; (G) Métaquartzite

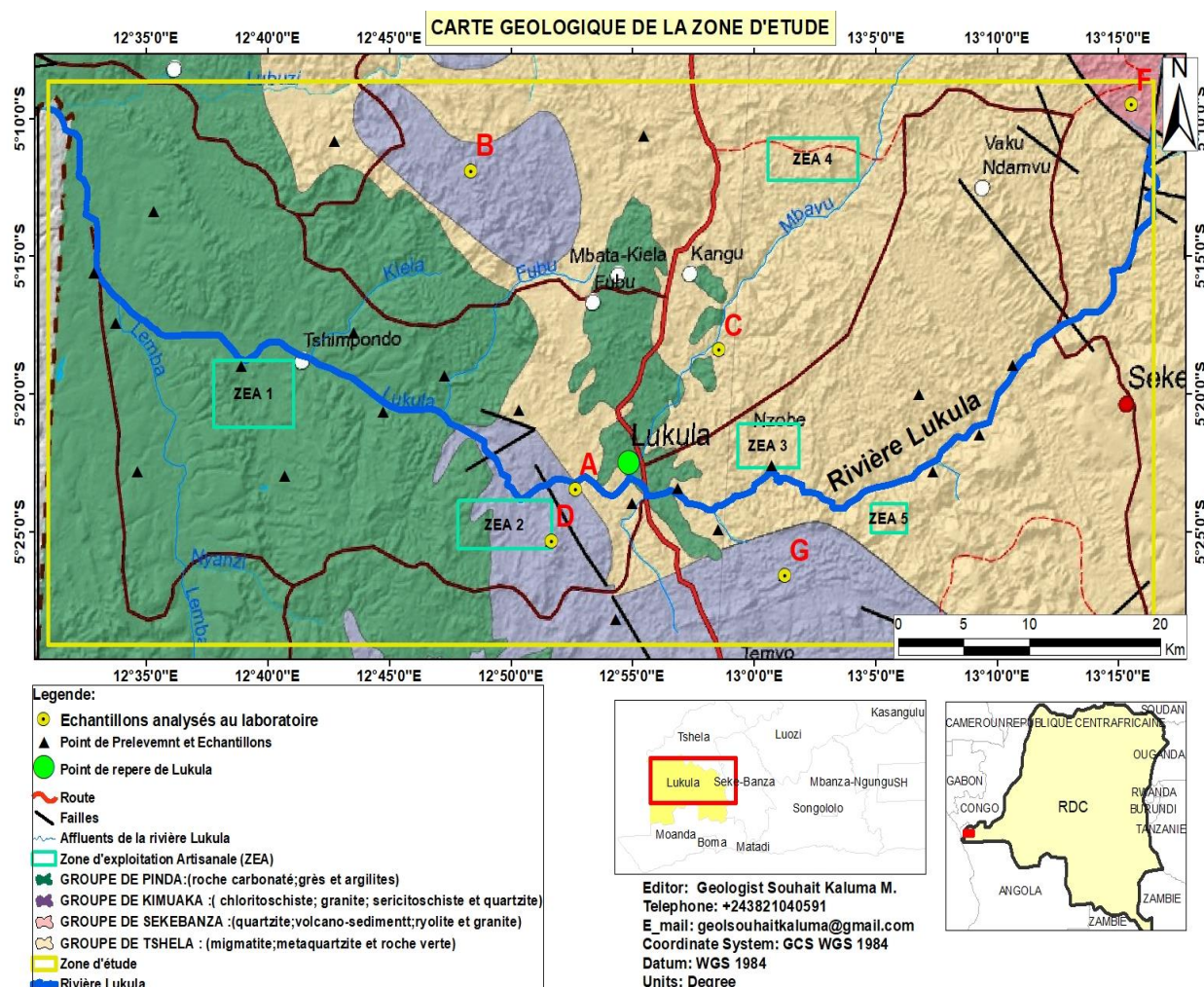


Fig. 9. Esquisse géologique du secteur d'étude

Les minéralogies rencontrées dans ces faciès:

- Pour les métaquartzite: Quartz + albite + orthose + muscovite (faciès des schistes verts);
- Pour les séricitoschiste: Quartz + feldspaths + séricite (faciès des schistes verts);
- Pour l'amphibolite: quartz + muscovite + biotite + hornblende verte (faciès amphibolite)
- Pour les schistes: quartz + chlorite + biotite + muscovite (faciès des schistes verts).

Dans les lithofaciès rencontrés placent notre secteur d'étude dans deux faciès métamorphiques: le faciès des schistes verts, lequel occupe une grande partie du secteur d'étude et celui des amphibolites. La diversité des paragenèses minérales ainsi que les associations minérales observées dans ces roches, nous ont révélé l'appartenance des formations du secteur d'étude à la famille des métapélites et des metabasites. Les métapélites comprennent les lithofaciès de: métaquartzites, séricitoschistes et schiste graphiteux tandis que la metabasite comprend les migmatites, amphibolite. La présence de la hornblende dans la métadolérite marque la limite entre le faciès des schistes verts et celui des amphibolites

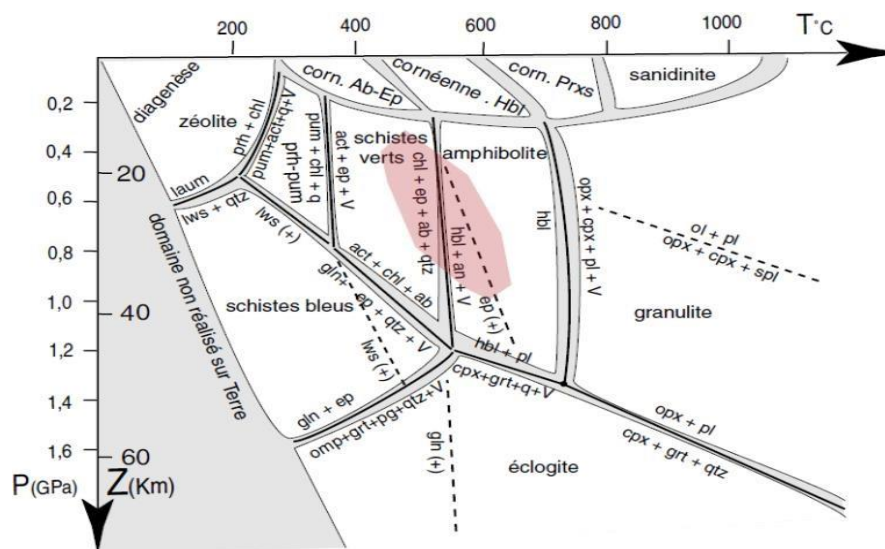


Fig. 10. *Faciès métamorphiques [14] La zone en rouge situe le domaine des faciès métamorphiques de notre secteur d'étude*

La présence de la hornblende dans les metabasites prouve à suffisance que la température croît et devient encore plus importante lorsqu'on atteint le faciès des amphibolites. La pression serait comprise entre 2 et 5 kbars et la température entre 550 et 600°C. Nous sommes donc dans une zone de métamorphisme de degré faible à moyen. Et Ceci converge avec les travaux réalisés par [15] qui attestent que le métamorphisme régional évolue dans le faciès des amphibolites et des schistes verts est de type MP-MT; BT-MP-MT. Ce métamorphisme est caractéristique d'un métamorphisme de zone de subduction mais aussi de zone d'orogénèse de collision.

4.2 ETUDE MÉTALLOGRAPHIQUES (SECTIONS POLIES)

Au microscope, la roche « D » présente une structure massive constituée d'une gangue englobant des gros cristaux automorphes à côté des cristaux subautomorphes de pyrite de teinte jaune terne avec la présence des indices l'or (LPA) et jaune laiton (LPNA) ainsi la présence de pyrite et des rares petits cristaux de magnétite de teinte gris sombre (LPA et PNA) en dissémination.

Au microscope, la roche « F » présente une structure en îles et continents. Les îles sont mises en évidence par des petits amas de l'or et pyrite de teinte jaune crème (LPA et LPNA) et des petits amas de magnétite de teinte gris sombre (LPA et LPNA) à côté des gros amas de pyrite. Voir la figure 11, ci-dessous.

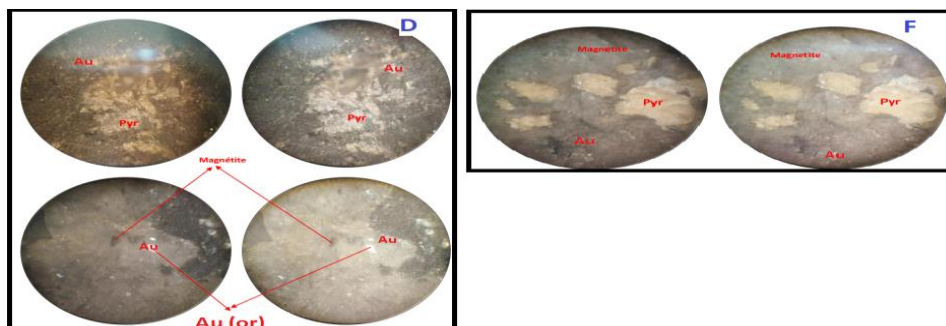


Fig. 11. Vue microscope de la Section polie

4.3 ETUDE METALLOGENIQUE

Des études de minéralisations métallifères du Bas-Fleuve observées dans le Zadinien dans le Mayumbien et dans le Gangila renseignent sur la présence de sulfures Cu-Fe (pyrite-chalcopyrite) au sein des amphibolites et Chloritoschiste tandis que les filons de quartz parcourant ces formations présentent les mêmes disséminations de sulfures ainsi les indices d'or observés dans les filons du mayumbien. la teneur en cuivre la plus élevée a été obtenue dans une amphibolite du Zadinien de la région de Lukimba, au nord de Matadi soit 0,9%Cu et 0,2%Co. L'échantillon de pyrite ramené du terrain, et que nous avons fait analyser au CRGM (Centre de Recherche Géologique et Minière) a donné 0.30% Au, 0,21%Cu, il est intéressant d'en chercher l'origine, le processus générateur et la température de cristallisation. Deux échantillons ont été sélectionnés pour des analyses géochimiques, il s'agit du schiste graphiteux et de la pyrite. Le résultat de ces analyses sont repris dans le tableau 1, ci-dessous.

Tableau 1. Analyses chimiques réalisées au CRGM

Echantillons	%K ₂ O	%Na ₂ O	%CaO	%Fe ₂ O ₃	%TiO ₂	%Al ₂ O ₃	%MgO	MnO	%Cu	%Au
Pyrite	0.15	0.18	0.40	-	1.18	-	0.21	-	0,10	0,20
Schiste graphiteux	1.09	1.37	4.20	2.84	0.010	-	-	-	-	0,10

4.4 EVALUATION AURIFERE DE LA RIVIERE DE LUKULA

En ce qui concerne ce point, il est nécessaire de signaler que, l'objectif de cette étude était de prospecter la rivière Lukula et ses environs (les affluents). ([16], [17]). Cette zone a été prospectée pour la plus grande part par des sociétés qui ont préféré garder leurs rapports secrets. Mais néanmoins en plus de documents vétustes disponibles, l'accès au rapport de la Société a été obtenu sur la prospection aurifère effectuée dans les territoires de Lukula, Tshela et Seke-Banza. Ce rapport a révélé que l'exploitation de l'or dans cette région était du type artisanal dans les graviers situés sur les lits ou encore sur des berges de certains cours d'eau de la région, et cette exploitation n'avait jamais fait jusqu'ici l'objet d'une quelconque exploitation industrielle. Ceci ayant été confirmé par la présente investigation, il en a découlé une nécessité de se focaliser sur la prospection des mines artisanales exploitées dans le territoire de Lukula par des orpailleurs le long de la Rivière Lukula afin d'évaluer son potentiel aurifère.

4.4.1 SUR LE PLAN GÉOLOGIQUE

Cette étude révèle deux types de terrain: les terrains de couverture et les formations de soubassement. Les travaux ont démontré que la région était constituée des affleurements de roches granite mylonitique, métaquartzite, quartzite, Chloritoschiste et migmatite. Cette étude a également mis en évidence l'existence de deux terrains, le terrain de couverture constitué des sols argileux et des latérites ainsi que les formations de soubassements constitués de schiste, quartzite et granite.

4.4.2 SUR LE PLAN DE MINÉRALISATION

La plupart des zones prospectées ont été explorées et ont révélé des indices aurifères conduisant ainsi à leur exploitation. L'exploitation aurifère dans les zones prospectées (Rivière Lukula) est à prédominance alluvionnaire. Cette exploitation a commencé depuis l'époque coloniale par des colons dits « MUNDELE YA MBONGO » et a été poursuivie par des creuseurs autochtones [16]. Aujourd'hui, on dénombre plusieurs mines d'exploitation artisanale dans la région prospectée tenue par des

creuseurs autochtones qui travaillent en collaboration avec plusieurs acheteurs dont la plupart viennent de Kinshasa (capital de la R.D Congo) et d'autre en Tshela. Dans cette zone (rivière de Lukula), l'exploitation artisanale est intense, surtout en saison sèche sur la rivière Lukula qui constitue l'un des plus grands collecteurs de la région. Sur cette rivière, l'exploitation se fait dans le gravier situé à quelques centimètres ou mètres de profondeur de son lit. La teneur ainsi que la profondeur de la rivière Lukula varient selon le milieu et selon le contexte. Les témoignages recueillis ainsi que quelques essais du planning, du pan et tamis des quelques sites des ZEA, (voire la figure 12), Réalisés sur place ont révélé des indices et des teneurs acceptables, sauf que ces teneurs ne sont pas uniformes sur l'ensemble de la rivière et ensuite nous avons eu à utiliser la télédétection (Remote sensing) pour détecter les zones d'altération de notre zone d'étude puisque les zones d'altérations sont des empreintes de certains types des minéralisations ou gisements au niveau de la surface donc contextualiser au regard de la géomorphologie et géologie pour quelques aspects de la mise en place de la minéralisation. Ainsi, (figure 12) **si la couleur mauve et bleu c'est la présence des zones d'altérations et idem pour la couleur jaune et rose** ([18], [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30], [31], [32], [33], [34], [35], [36]).

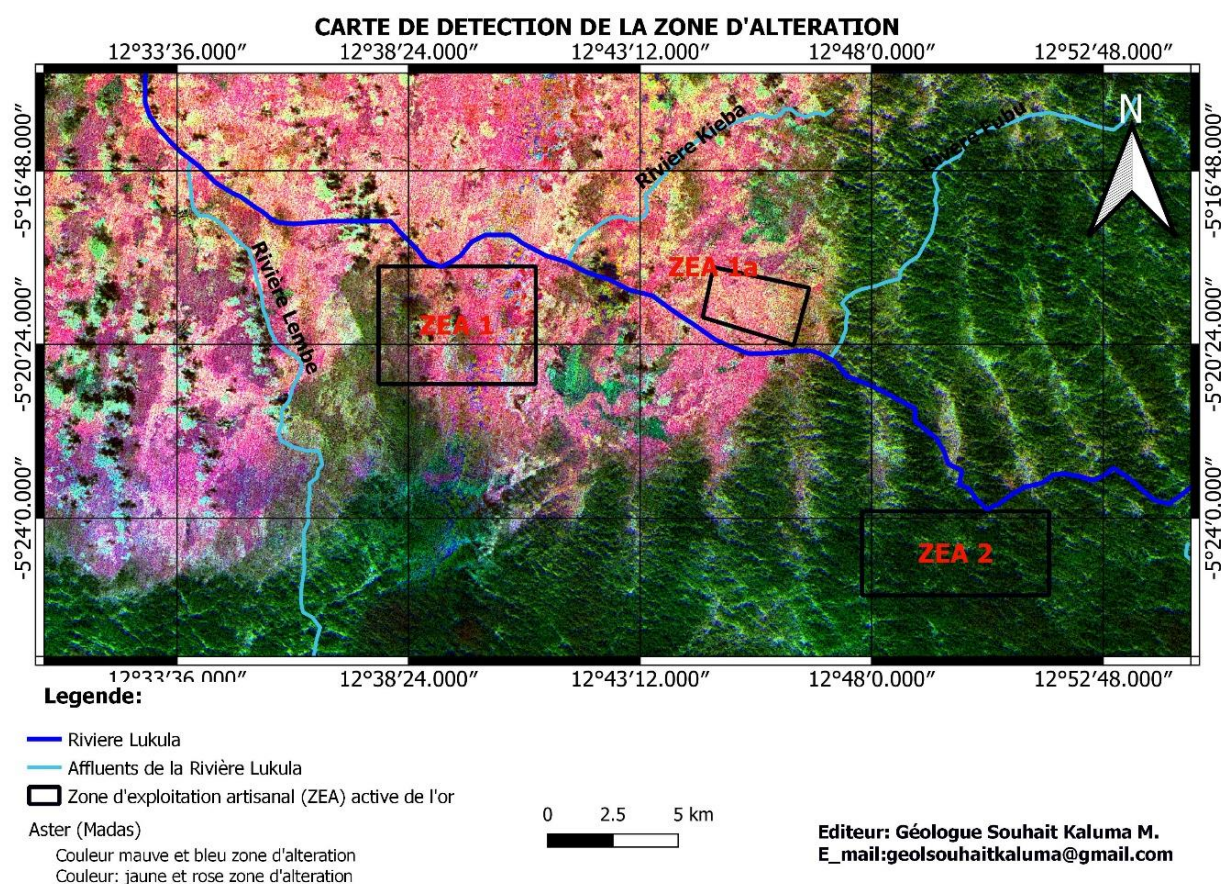


Fig. 12. Détection des zones d'altérations

Ainsi, nous représentons le model à 3D d'une partie de la rivière Lukula et dont la couleur Bleu représente l'eau (rivière Lukula) avec un méandre très potentiel d'aurifère.

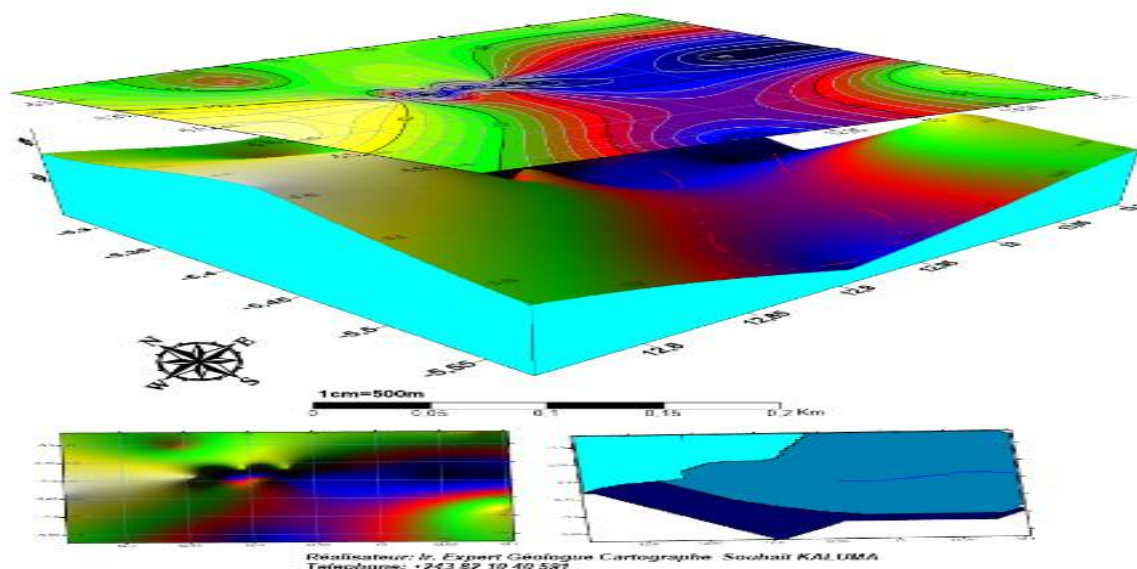


Fig. 13. Rivière Lukula en 3D avec méandre pleine d'activité minière

5 CONCLUSION

La région ciblée pour notre travail de recherches présente plusieurs faciès parmi lesquelles : Lithofaciès de Chloritoschiste, lithofaciès de métaquartzite rose, lithofaciès de métaquartzite, lithofaciès d'amphibolite, lithofaciès de micaschiste, lithofaciès de sericitoschiste, lithofaciès de migmatite, lithofaciès de schiste graphiteux, lithofaciès de granite.

Les différentes phases minérales, les structures et textures de notre Secteur d'étude, corréle avec ceux qui ont été souligné par certains auteurs à l'instar de [38], qu'elles seraient issues d'une évolution métamorphique dans des conditions épizonales vraisemblablement au cours de l'orogénèse Ouest-Congo. Dans la région de Lukula, **quelques disséminations de l'or, de pyrite et de chalcoppyrite** s'observent dans les **sédiments** et dans les **filons de quartz**. Une pyrite analysée à révéler sa mise en place par des fluides ayant diffusé au-devant d'un flux de chaleur provoqué par la proximité d'intrusions acides autour des métamorphites tachetés de la région. Ces flux de chaleur ont facilité **l'extraction de l'or et du cuivre** Syngénésique de l'encaissant métamorphique.

L'Exploitation artisanale de l'or est intense dans cette zone dont la cible principale est la rivière Lukula. Cette exploitation a commencé depuis les années 1960 avec l'initiative des colons dits « Mundele Ya Mbongo » et cela a été relayée par des autochtones après l'époque coloniale jusqu'à ce jour. Cette exploitation se fait dans les lits vifs et plats de la rivière Lukula ainsi que dans quelques affluents dont les rivières Mbavu et Fubu, dont jusqu'à présent ont fait preuves des bonnes teneurs. L'or est exploité dans les graviers dont le substratum est le schiste, appelé communément par les riverains Likoko. ([39], [40]) Ce gravier est dans l'ensemble de couleur blanchâtre et à une certaine profondeur plus basse nous retrouvons le gravier noirâtre, dont la taille de grains est de moyenne à grossière, de forme subanguleux à arrondi avec ou sans minéraux de fer. L'or qui y est exploité est sous forme de paillètes. Le type de gisement exploité dans cette zone est alluvionnaire.

REFERENCES

- [1] F. CORIN, « Contribution à l'étude géologique des régions de Boma et Matadi », Bull. Soc. Belg. Géol., 55, 212-218, 1946.
- [2] L. CAHEN, Géologie du Congo Belge, H. Vaillant-Carmanne, S.A., Liège, 1954.
- [3] L. TACK, M.T.D. WINGATE, J.-P. LIEGEOIS, M. FERNANDEZ-ALONSO, A. DEBLOND, «Early Neoproterozoic magmatism (1000-910 Ma) of the Zadinian and Mayumbian Groups (Bas-Congo): onset of Rodinia rifting at the western edge of the Congo craton». *Precambrian Research*, 110, 277-306, 2001.
- [4] H.E. FRIMMEL, L. TACK, M.S. BASEI, A.P. NUTMAN AND A. BOVEN, «Provenance and chemostratigraphy of the Neoproterozoic West Congolian Group in the Democratic Republic of Congo», *Journal of African Earth Sciences*, 46, 221-239, 2006.
- [5] D. M. BAUDET; M. FERNANDEZ-ALONSO; K. F. KANT; L. TACK; K. THEUNISSEN; S. DEWAELE; K. EEKELERS; G. KADJA; E. MUJINGA; P. NSEKA; J. PHAMBU; N. KITAMBALA; E. KONGOTA; J. MATUNGILA; M. MUANZA et A.M. TSHIBWABWA.,

- Notice explicative de la carte géologique de la Province du Bas-Congo et Carte géologique à l'échelle du 1/500.000*, Version 1.0, MRAC (Belgique) – CRGM (R.D. Congo), 50p., 2013.
- [6] P. DADET, Carte géologique de la République du Congo, échelle 1/500.000. Zone comprise entre les parallèles 2 et 5° Sud, Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), France, 1966.
- [7] A.G. DE ARAÚJO, O.V. PEREVALOV, R.A. JUKOV, *Carta Geológica de Angola. Escala 1/1000000*, República Popular de Angola, Ministério da Industria, Instituto Nacional de Geologia, 1988.
- [8] M. FERNANDEZ et L. TACK, *Provisional Map of the West Congolian Pan African orogenic belt, Scale 1/3000000*, Department of Geology and Mineralogy, Royal Museum for Central Africa, Tervuren, Belgium, 2000.
- [9] J. LEPERSONNE, *Carte géologique du Zaïre au 1/2.000.000 et notice explicative*, Dir. Géol., Dépt. Mines, Rép. Zaïre, 67 p., 1974.
- [10] R. TROMPETTE, A. UHLEIN, M.E. EGYDIO-SILVA, I. KARMANN, «The Brasiliano São Francisco craton revisited (central Brazil)». *Journal of South American Earth Sciences*, 6, 49-57, 1992.
- [11] L. TACK, M. T. D. WINGATE, B. DE WAELE, J. MEERT, E. BELOUSOVA, B. GRIFFIN, A. TAHON, M. FERNANDEZ-ALONSO, «The 1375 Ma « Kibaran event » in Central Africa: Prominent emplacement of bimodal magmatism under extensional regime», *Precambrian Research*, 180, 63-84, 2010.
- [12] A.C. PEDROSA-SOARES, *Internal PowerPoint presentation*, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Minas Gerais, 2013.
- [13] M. ROUBAULT, Détermination des minéraux des roches au microscope polarisant, Edition Lamarre-Poinat, Paris, 1963.
- [14] NICOLLET. C. (2011): métamorphique et Géodynamique, Ed, Dunod, 2010, p315-322.
- [15] TACK, L, et al., (2001): Early Neoproterozoic magmatism (1000-910 Ma) of the zadinian and Mayumbien Group (Bas-Congo): onset of Rodinia rifting at western edge of the Congo craton Precambrian Res, Tervuren (Belg.) Ann. MRAC, in 8°, Sciences Géol. 84: p268-303.
- [16] MALAIKA MINERALS, [2019]: Rapport de prospection aurifère effectué dans les territoires de Lukula, Tshela et Seke-Banza. 16, Avenue Frédéric, C/Ngaliema/Kinshasa.
- [17] MINISTERE DES MINES DE LA RDC: Cellule Technique de Coordination et de Planification Minière C.T.C.P.M [2016]. Répertoire des opérateurs du secteur des mines et des carrières (exercice 2015). Octobre. WWW.Congomines.org, consulté le 4 Avril 2022.
- [18] HIROSE KAZUYO (2022): Useful Indices for Mineral/Rock Mapping, 2022 Japan Space Systems, 16 p.
- [19] http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/data/satsens/radarsat/specs/rsatoview_f.html.
- [20] http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/data/satsens/radarsat/specs/radspec_f.html.
- [21] http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/data/satsens/radarsat/photos/radpix_f.html.
- [22] http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/data/satsens/radarsat/photos/radpix_f.html.
- [23] http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/data/satsens/airborne/sarbro/sbagri_f.html.
- [24] http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/data/satsens/airborne/sarbro/sbfort_f.html.
- [25] http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/data/satsens/airborne/sarbro/sbgeol_f.html.
- [26] http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/data/satsens/airborne/sarbro/sbgbsar_f.html.
- [27] http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/com/rsnewsltr/2303/2303ap1_f.html.
- [28] http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/com/rsnewsltr/2401/2401ap3_f.html.
- [29] http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/data/satsens/radarsat/trans/transpo_f.html.
- [30] http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/rd/ana/transpond/rpt_f.html.
- [31] http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/tutorials/stereosc/chap1/chapter1_1_f.html.
- [32] http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/data/satsens/airborne/sarbro/sbinter_f.html.
- [33] http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/com/rsnewsltr/2301/2301rn2_f.html.
- [34] http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/data/satsens/radarsat/images/ant/rant01_f.html.
- [35] http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/rd/ana/split/insar_f.html.
- [36] http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/terms/glossary/glossary_f.html.
- [37] J.-P. BASSOT, « Apport de la télédétection à la compréhension de la géologie du Gabon », *Chron. Rech. Min.*, 419, 25–34, 1988.
- [38] L. TACK, « Données pétrochimiques concernant des roches vertes affleurant dans la région de Bibuanga au Mayumbe (Bas-Zaïre). » *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 102, 185–187, 1979b.
- [39] BRIEN V [1910]. Roches et les alluvions aurifères du Bassin de la DIMBA, Imprimerie H. VAILLANT-CARMANNE, Rue Saint-Adalbert.
- [40] DUPONT E [1888]. L'Exploration géologique du Congo. Conférence, *Bull. Soc. Belge de Géologie*, t. II., 43.

L'impact des déterminants de la mobilité professionnelle des salariés sur la performance organisationnelle dans une entreprise

[The impact of the determinants of employee professional mobility on organizational performance in a company]

Bangimina Kabemba Alpho

Gestion des ressources humaines à l'ISES, RD Congo

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: It is now agreed that the organization is increasingly exposed to the risk of its employees leaving. Indeed, the latter have become masters of their professional trajectories and consequently develop various mobility models. The impact of such an event on the performance of the organization seems difficult to assess. To deal with it, the organization is required to stimulate and involve its employees. This article is underpinned by two objectives. The first is to identify the determinants of the mobility phenomenon by emphasizing the concept of organizational involvement. The link that can be established between this and a skills management approach also constitutes an area of development that we will explore. The second objective is to examine the impact of professional mobility on organizational performance, by distinguishing between qualitative and quantitative flexibility. To do this, we begin, in a first step, with a definition of the concept of professional mobility and its different forms. We also present the main theoretical approaches that have tried to explain the course of this process and we draw up a more or less exhaustive list of its determinants. These are generally personal, organizational and sectoral variables. In a second step, we are interested in the consequences of professional mobility on organizational performance. At the end of this study, we show that the implementation of a coherent and effective human resources policy based on skills management can involve employees in organizational life and strengthen their commitment to better contribute to the performance of the organization.

KEYWORDS: Professional mobility, Involvement, Skills management, Organizational performance.

RESUME: Il est, de nos jours, convenu que l'organisation est de plus en plus exposée au risque de départ de ses salariés. En effet, ces derniers sont devenus maîtres de leurs trajectoires professionnelles et développent par conséquent divers modèles de mobilité.

L'impact d'un tel événement sur la performance de l'organisation semble être difficile à évaluer. Pour y faire face, l'organisation est tenue de stimuler et d'impliquer ses salariés. Cet article est sous-tendu par deux objectifs.

Le premier est d'identifier les déterminants du phénomène de mobilité en mettant l'accent sur le concept d'implication organisationnelle. Le lien que l'on peut nouer entre celle-ci et une démarche de gestion des compétences constitue également un axe de développement que nous explorerons.

Le second objectif est d'examiner l'impact de la mobilité professionnelle sur la performance organisationnelle et ce, en distinguant entre flexibilité qualitative et quantitative.

Pour ce faire, nous commençons, dans un premier temps, par une définition du concept de mobilité professionnelle et de ses différentes formes. Nous exposons également, les principales approches théoriques ayant essayé d'expliquer le déroulement de ce processus et nous traçons une liste plus au moins exhaustive de ses déterminants. Il s'agit généralement de variables personnelles, organisationnelles et sectorielles.

Dans un second temps nous nous intéressons aux conséquences de la mobilité professionnelle sur la performance organisationnelle.

Au terme de cette étude, nous montrons que la mise en place d'une politique ressources humaines cohérente et efficace basée sur la gestion des compétences peut impliquer les salariés dans la vie organisationnelle et renforcer leur engagement pour mieux contribuer à la performance de l'organisation.

MOTS-CLEFS: Mobilité professionnelle, Implication, Gestion des compétences, Performance organisationnelle.

1 INTRODUCTION

L'organisation est de plus en plus exposée, de nos jours, au risque de départ de ses salariés. En effet, ces derniers deviennent de plus en plus maîtres de leurs carrières. Le courant hhdh pensée né suite à cette réflexion est celui des « carrières nomades » qui intègre dans sa conception la notion de compétences en tant que facteur de détermination des trajectoires individuelles¹.

L'impact d'un tel événement sur l'organisation semble être difficile à mesurer, puisqu'il se traduit aussi bien par des effets positifs que négatifs.

En outre, d'autres concepts lui sont rattachés comme ceux d'implication organisationnelle, de performance organisationnelle et de gestion des compétences. Les notions d'identification et d'implication organisationnelles expliquent la motivation derrière les actes et les gestes de chaque personne au sein de l'organisation ainsi que sa façon de se conduire².

D'autres recherches soulignent la contribution des ressources humaines à la performance économique et financière de l'entreprise. Cependant, ces travaux n'ont pas abouti à élaborer une méthodologie de recherche servant à spécifier la nature de cette relation.

La GRH a donc, initié une certaine redéfinition de ses aspects, ses moyens et ses objectifs compte tenu de l'évolution de son environnement afin de mieux assumer le nouveau rôle stratégique qui lui est attribuée³. Elle est notamment appelée, aujourd'hui, à jouer un rôle essentiel dans la valorisation et la mobilisation des richesses à travers la capitalisation et l'exploitation des compétences et des connaissances et ce, en se dotant d'un bon système de gestion des compétences. Celui-ci est défini comme étant la mise en place des pratiques GRH centrées sur les salariés et ayant comme finalité de les impliquer dans la vie organisationnelle et de faciliter, par conséquent, leur processus de socialisation.

Cet article est sous-tendu par trois objectifs.

Le premier est d'identifier les déterminants et les conséquences de ce phénomène de mobilité, ce qui nécessite d'explorer la littérature qui s'est constituée autour de ce sujet. En effet, nous avons identifié huit approches théoriques qui permettent de mieux définir la mobilité, décrire son processus et déterminer les raisons derrière son déroulement.

Le second objectif est de mettre le point sur un autre facteur important et explicatif du départ des salariés à savoir l'implication organisationnelle, qui sert à expliquer le succès ou l'échec de la première entrée organisationnelle des jeunes salariés et justifie par la suite toute décision de mobilité pouvant en découler. Le lien que l'on peut nouer entre l'implication organisationnelle et une démarche de gestion des compétences constitue également un axe de développement dans cette étude.

Le troisième objectif est d'examiner l'impact de la mobilité professionnelle sur la performance organisationnelle et ce, en mettant l'accent sur le concept de flexibilité quantitative. Ce dernier semble être le plus représentatif de l'approche que nous adoptons de la mobilité.

¹ CADIN L., BENDER A. F., SAINT-GINIZIEZ V., PRINGLE J., « Carrières nomades et contextes nationaux », *Revue Française de Gestion des Ressources Humaines*, n°37, 2000, p. 76- 96

² HERRBACH O., MIGNONAC K., SIRE B., « Identification ou implication organisationnelle ? Enjeux théoriques et de mesure pour la recherche en GRH », *Revue de Gestion des Ressources Humaines*, n°59, 2006, p.3-16

³ BATAL C., La gestion des ressources humaines dans le secteur public, Tome 1 : « L'analyse des métiers, des emplois et des compétences », Paris, Les Editions d'Organisations, 1997.

2 LA MOBILITE DES SALARIES: APPROCHES ET DETERMINANTS

2.1 DÉFINITIONS ET TYPES DE MOBILITÉ

Pendant toute sa durée de vie, l'organisation reste exposée à de forts mouvements d'entrée et de sorties de ses salariés. Une large littérature s'est constituée autour de ce sujet donnant lieu à de multiples définitions de la mobilité, que nous pouvons intégrer dans trois types de dimensions: la dimension organisationnelle, la dimension sociologique et la dimension économique.

La dimension organisationnelle considère la mobilité comme une succession d'emplois ou un changement d'affectation dans une structure organisationnelle⁴.

La dimension sociologique conçoit la mobilité comme le mouvement d'une personne au sein d'un groupe social auquel elle appartient⁵.

Pour leur part, les économistes distinguent entre deux autres concepts à savoir la réallocation des salariés et le roulement des travailleurs⁶.

Plusieurs typologies de la mobilité sont mises en évidence par la littérature. Ainsi, la mobilité est parfois assimilée à un ensemble de mouvements verticaux (par rapport à la hiérarchie) ou horizontaux (changement de postes sans évoluer dans la hiérarchie), il y a lieu d'identifier la mobilité géographique nationale ou internationale.

D'autres auteurs, relèvent une autre forme de mobilité, à savoir les transitions de carrière ou la mobilité promotionnelle. Selon Nicholson et West⁷, ces transitions apparaissent comme des changements au niveau des rôles attribués à la personne ou au niveau du contexte de travail. Toutefois, elles peuvent s'exercer au sein de la même entreprise, entre l'entreprise mère et ses filiales ou bien vers une autre entreprise. Dans ce cas, il semblerait difficile de distinguer entre la mobilité intra-organisationnelle et inter organisationnelle.

Pour notre part, nous proposons de distinguer entre la mobilité de court terme qui a trait aux changements de postes à l'intérieur de l'organisation et la mobilité de longue durée qui consiste en une succession d'emplois à l'extérieur de l'organisation.

Par ailleurs, la mobilité peut être choisie par les salariés (départ en retraite, démission, congé individuel de formation, recherche d'un meilleur salaire ou d'une carrière plus prometteuse) et s'apparente dans ce cas à un moyen de développement des compétences (capacités personnelles et professionnelles) et d'employabilité. Elle peut être également subie (licenciement, réduction d'activité, réorganisations), définitive (le salarié quitte l'entreprise sans retour), ou provisoire (si elle constitue une étape dans une carrière au sein de la même entreprise). Il en résulte que le taux de mobilité varie selon la conjoncture économique: faible en période de récession, et élevé en période de développement.

A cet égard et pour maîtriser la mobilité des salariés, nous proposons que l'organisation intègre ce phénomène dans sa stratégie de gestion des compétences car les aptitudes personnelles et professionnelles développées dans le cadre du travail constituent un capital de valeur et les coûts de leur remplacement s'avèrent parfois très élevés.

En tenant compte de la réalité complexe de la mobilité professionnelle et de la multiplicité de ses formes, le présent article considère la mobilité comme un changement d'organisation accompagné d'un changement d'employeur, qu'elle soit volontaire (par exemple motivée par la recherche d'un emploi mieux rémunéré) ou involontaire (par exemple un licenciement pour faute grave). L'intérêt de cette prise en compte réside dans le fait qu'elle nous permet d'exclure de notre champ de

⁴ VATTEVILLE E., *Management stratégique de l'emploi*, Paris, 2003, EMS (Management et Société)

⁵ ARCHAMBEAU L., *The structure of opportunity: A multilevel analysis of interfirm job mobility*, Thèse de doctorat en sciences de gestion, 2002, Université de Californie, Berkeley

⁶ VAN DER LINDEN, « Le roulement des travailleurs correspond au nombre d'entrées et de départs de main d'œuvre au cours d'une période donnée sur un territoire donné. Par entrée, il faut entendre l'embauche d'un travailleur. La notion de départ englobe tous les motifs de cessation d'une relation contractuelle entre un employeur et un travailleur », 1999, p.113.

⁷ NICHOLSON N., WEST M., «Transitions, work histories, and careers », 1989, Cambridge University Press.

réflexion les mouvements des individus entre la firme mère et ses filiales ou encore le transfert des salariés dans le cas des fusions – acquisitions, de la sous-traitance ou des restructurations.

En l'occurrence, la mobilité que nous traitons, peut être verticale et caractériser ainsi, les évolutions hiérarchiques des individus à travers les organisations, ce qui permettra de la concevoir comme une progression de carrière. Elle peut, en outre, s'envisager comme une mobilité horizontale se manifestant par un passage d'une fonction ou d'un métier à un autre, en dehors de l'organisation. Elle peut, aussi, concerner les individus qui occupent la même fonction à un même niveau hiérarchique à condition qu'ils changent de lieu d'exercice de leur activité (une nouvelle organisation, un nouveau service, une nouvelle région ou encore un nouveau pays).

Par ailleurs, la mobilité que nous considérons peut être perçue comme un outil d'arbitrage entre les objectifs économiques de l'organisation et les attentes individuelles ou encore, comme un moyen de reconversion face à une situation professionnelle inattendue. Elle pourrait être également un moyen de saisir une opportunité ou une réponse aux différentes formes d'exclusion interne (indésirabilité de la part de la nouvelle direction générale, inadaptabilité aux outils technologiques, mauvaise appréciation des compétences, etc...).

2.2 LES DÉTERMINANTS DE LA MOBILITÉ

Les déterminants de la mobilité peuvent être regroupés en trois grandes catégories selon qu'ils s'apparentent à des caractéristiques sectorielles, organisationnelles ou individuelles. En effet, ils peuvent, notamment, être liés à des mouvements sectoriels de restructurations et de fusion acquisition, ou à la réorganisation et au changement de direction au sein de l'organisation ou encore au contexte personnel et familial de l'individu. D'autres facteurs, tels que les valeurs et les normes véhiculées au sein de l'organisation et dans l'environnement jouent un rôle dans la détermination du processus de mobilité.

2.2.1 LES DÉTERMINANTS SECTORIELS

Haveman et Cohen⁸ suggèrent que la création des organisations et leurs décès, aussi bien que les fusions et les restructurations sont une source importante de changement d'emploi au sein du secteur. Ce déterminant, de type sectoriel, trouve ses origines dans la théorie selon laquelle l'individu ne prend la décision de mobilité qu'après avoir identifié une nouvelle opportunité qui lui est offerte et qui lui convient mieux en termes de rémunération et de perspectives de carrière. Or, la création de nouvelles organisations s'accompagne souvent par l'apparition de nouveaux postes de travail suscitant l'intérêt des demandeurs d'emploi potentiels et des travailleurs déjà en place.

Ce déterminant est également mis en évidence par la théorie de la recherche d'emploi dans le sens où la création de nouvelles organisations est à l'origine de l'entrée en chômage volontaire de certains travailleurs actifs, dans l'objectif de trouver un emploi plus adéquat en termes d'avantages accordés.

D'autres caractéristiques industrielles telles que la taille du secteur, la spécialité dominante dans la branche, le type de technologie utilisée, les barrières à l'entrée ou à la sortie sont mises en évidence.

Par ailleurs, les différences intersectorielles produisent une variabilité dans les modèles de mobilité distingués. Ces travaux s'inspirent de la théorie de la dualité du marché du travail qui montre que les différences intra et intersectorielles concernant les actes de discrimination et la déqualification des travailleurs génèrent des mouvements de mobilité verticale du secteur secondaire vers le secteur primaire. En outre, la théorie de l'adéquation considère que le positionnement de l'individu sur un marché du travail secondaire où il subit une déqualification par rapport à son niveau de compétences et à la carrière qu'il envisage de réaliser constitue une forte raison de sa mobilité.

2.2.2 LES DÉTERMINANTS ORGANISATIONNELS

Les facteurs organisationnels constituent également un important déterminant de la mobilité. Etant un indicateur de la complexité de l'organisation et de sa différenciation, la taille influence la situation du travailleur sur le marché du travail. En

⁸ HAVEMAN H. A., COHEN L. E., « The ecological dynamics of careers: The impact of organizational founding, dissolution, and merger on job mobility », American Journal of Sociology, vol.100, n°1, 1994, p.104-152

outre, plus la taille de l'organisation est grande, plus les incitations qu'elle offre sont nombreuses (promotion, primes, évolution de carrières.). L'émergence d'un marché du travail interne a un effet positif sur le taux de mobilité intra firme.

Toutefois, il est de nature à diminuer la mobilité inter- organisationnelle qui dépend fortement de la taille de l'organisation, du nombre des opportunités internes créées, du type de technologie utilisée et de la complexité organisationnelle.

Le déterminant de la taille montre que l'individu est opportuniste ; lorsqu'il ne trouve pas sa fin au sein de son organisation, il la quitte pour rejoindre une autre. Ceci est le cas, notamment, lorsqu'il travaille dans une petite structure qui ne lui permet pas d'évoluer, d'avoir le pouvoir nécessaire pour exercer ses responsabilités ou d'augmenter sa rémunération. En revanche, une organisation de grande taille offre des incitations multiples ce qui constitue un facteur de rétention de son personnel par un renforcement de leur degré d'implication et d'engagement.

Les choix stratégiques de l'organisation représentent également un autre motif de mobilité. La théorie des coûts de transaction fait partie des théories prenant en considération de ce facteur. En effet, elle considère que le recours au marché du travail externe reste soumis à la seule décision de l'organisation qui décide soit d'internaliser le processus de recrutement soit de l'externaliser et ainsi, de stimuler les travailleurs des autres firmes.

2.2.3 LES DÉTERMINANTS INDIVIDUELS

Les déterminants de type individuel de la mobilité s'inscrivent dans le cadre de la théorie du capital humain de Becker⁹ qui montre que le capital humain de l'individu représenté à la fois par ses connaissances, ses compétences et ses aptitudes personnelles influence la prise d'une décision de mobilité et le passage d'un emploi à un autre. L'individu se baserait, en effet, sur ses attributs spécifiques pour s'offrir sur le marché du travail une position confortable par rapport aux offreurs d'emplois et demander les avantages qu'il exige en termes de rémunération et d'évolution de carrière.

Les opportunités s'offrant aux individus sont fonction de leur profession et de leur position sur le marché du travail. Cependant, tirer profit de ces opportunités dépend des ressources mises à leur disposition, à savoir: l'éducation, la formation professionnelle et l'expérience. Plus seront importantes les ressources de l'individu, plus le seront les- opportunités offertes. D'autres auteurs considèrent une autre série de caractéristiques individuelles à savoir le genre et l'appartenance ethnique. A ce titre, ils mettent en évidence une certaine attractivité de l'individu. Le meilleur emploi va, ainsi, au meilleur employé. D'autres caractéristiques basées sur le sexe et la race sont signalées et rendent compte d'une certaine discrimination sur le marché du travail.

Femmes et hommes n'ont pas les mêmes modèles de mobilité ainsi que le même schéma d'évolution de carrière. Cette discrimination limiterait la mobilité des femmes sur le marché du travail et nous semble être une atteinte à la structure d'opportunité.

Les différentes recherches développées sur les transitions de carrière ont attribué aussi une place importante aux caractéristiques des secteurs, des professions et des régions pour analyser et évaluer la mobilité.

Faisant partie des travaux qui ont tenté d'élaborer un nouveau cadre pour conceptualiser les carrières, on considère que des communautés de pratiques informelles se développent entre les individus, à travers lesquelles s'échangent des flux d'informations qui leur créent diverses opportunités à l'extérieur de l'organisation.

En effet, le capital humain de l'individu représente une ressource qui lui est spécifique et qui conditionne son accès au marché du travail. Pour l'individu, plus le niveau d'éducation et de formation est élevé, plus il aura la chance de retrouver facilement un autre emploi à la suite d'un départ volontaire ou involontaire. Ce changement lui permet d'accéder à un statut social et à une amélioration de son niveau de vie et de ses revenus. Par ailleurs, l'investissement en formation générale et spécifique représente un moyen essentiel et pertinent à l'amélioration du capital humain et l'accroissement de la productivité.

Cependant, pour préserver son capital humain, l'organisation a intérêt à financer la formation spécifique puisqu'elle en retirera une partie des gains. Si la formation est de nature générale, elle favorisera la prise d'une décision de mobilité et participera à la fuite du capital humain. En outre, la certification par un diplôme de la session de formation pourrait être un facteur influençant la mobilité, par sa capacité à accroître la « visibilité de l'apport de la formation ».

⁹ BECKER G., « Investment in human capital: A theoretical analysis», Journal of Political Economy, vol.70, n°5, 1962, p.9-49

Outre les déterminants de la mobilité identifiés précédemment, nous mettons le point dans ce qui suit, sur un autre facteur important et explicatif de la mobilité des salariés, à savoir, l'implication organisationnelle. Notre choix d'étudier cette variable séparément est motivé par le rôle qui lui est attribué dans le déclenchement du processus de mobilité et par son interaction avec les autres facteurs de mobilité. Nous montrons également comment ce concept interagit avec les démarches de gestion des compétences adoptées récemment par les organisations afin de limiter le départ des salariés dans le temps.

2.3 L'IMPLICATION ORGANISATIONNELLE, UN DETERMINANT CLE DANS LE PROCESSUS DE MOBILITE DES SALARIES

2.3.1 LE CONCEPT MULTIDIMENSIONNEL DE L'IMPLICATION ORGANISATIONNELLE

Meyer et Allen¹⁰ conçoivent l'implication comme un concept tridimensionnel, correspondant à un état psychologique qui caractérise la relation du salarié à son organisation et ayant des effets sur la décision de rester ou de ne plus rester membre de celle-ci. Trois formes d'implication sont mises en évidence : l'implication affective (IA), l'implication de continuation (IC) et l'implication normative (IN).

Les salariés peuvent, ainsi, désirer rester au sein de l'entreprise, parce qu'ils sont impliqués affectivement et éprouvent un attachement émotionnel à son égard. Ce type d'implication se traduit par un désir de contribuer spontanément au bon fonctionnement de l'organisation et constitue une source d'efficacité au travail. En revanche, les salariés qui éprouvent une implication de continuation restent au sein de l'entreprise parce qu'ils sont contraints de le faire et expriment un sentiment d'insatisfaction suivi par des comportements inappropriés au travail (faible productivité, absentéisme, retard, etc...).

Les salariés qui ressentent l'obligation morale de rester dans l'entreprise expriment une attitude loyale à son égard. Il s'agit dans ce cas, d'une implication normative se traduisant par une prédisposition à s'engager en faveur des objectifs de l'organisation, en l'absence même d'un attachement émotionnel du salarié à l'égard de son entreprise.

En effet, l'implication de continuité comporte deux sous-volets corrélés mais différents: l'implication résultant de la prise en compte des coûts que le salarié peut subir en cas de son départ de l'organisation et l'implication provenant de l'absence d'autres opportunités d'emploi en dehors de l'organisation.

Le premier volet est relatif à des facteurs personnels et incite le salarié à un comportement efficace au travail et à un certain attachement à son poste, du fait qu'il a beaucoup investi dans son organisation. Etant fortement lié à la conjoncture économique.

Le second volet renvoie plutôt à des facteurs externes et se traduit par des comportements inefficaces au travail. Dans ce cas, c'est l'appréciation de la difficulté de changer d'entreprise qui constitue le frein à la mobilité des salariés.

Le modèle tridimensionnel de l'implication peut être appliqué à d'autres cibles et présente par conséquent un aspect multidimensionnel. En effet, le salarié se trouve également engagé envers son supérieur hiérarchique, son groupe de travail et les clients de l'entreprise.

2.3.2 LES ANTÉCÉDENTS DE L'IMPLICATION ORGANISATIONNELLE

L'objectif de cette section est de déterminer les principaux mécanismes sous- tendant les différentes formes d'implication.

2.3.2.1 L'IMPLICATION AFFECTIVE

Parmi les leviers de l'implication affective, Eisenberger et al.¹¹ citent le sentiment du salarié d'être soutenu et considéré par l'entreprise alors que certains parlent de soutien du groupe. Pour leur part, ils mettent en évidence la perception de l'équité des procédures de prise de décision utilisées au sein de l'entreprise. Les sentiments d'importance personnelle et de réalisation personnelle constituent d'autres antécédents à l'implication affective traduisant le degré d'attente des salariés quant à leurs pratiques professionnelles ainsi que le degré de réalisation de leurs objectifs et leurs besoins par l'entreprise.

¹⁰ MEYER J., ALLEN N., « A three component conceptualization of organizational commitment », *Human resource Management Review*, vol.1, 1991, p. 69-81

¹¹ EISENBERGER R., FASOLO P., DAVIS-LAMASTR V, Perceived organizational support and employee diligence, commitment, and innovation, *Journal of Applied Psychology*, vol.75, n°1, 1990, p.51-59.

2.3.2.2 L'IMPLICATION DE CONTINUATION

Bentein et al.¹² énumèrent deux sortes d'antécédents à l'implication de continuation.

Le premier est relatif à la disponibilité perçue des alternatives d'emploi. Celles-ci étant élevées en cas de conjoncture économique favorable, une implication de continuation faible sera, alors, obtenue.

Le second réfère aux investissements en temps et en argent effectués par les salariés afin de s'adapter à leur entreprise ainsi que les avantages qui en ont découlé. Dans ce cas, la continuation est motivée par la crainte de perdre les investissements engagés, notamment au niveau de la formation spécifique qui leur a été dispensée et qu'ils ont participé à son financement. Ainsi, un taux de formation spécifique élevé se traduit par un fort taux d'implication de continuation.

2.3.2.3 L'IMPLICATION NORMATIVE

Wiener¹³ évoque les processus de socialisation émanant de la vie professionnelle ou privée de l'employé comme étant une source principale de développement de cette forme d'implication. Ces processus déterminent les comportements et les attitudes du salarié ou encore ses valeurs et sa culture. Tous ces éléments se conjuguent pour faire naître chez le salarié un sentiment de reconnaissance des efforts fournis par ses différentes cibles.

2.4 LES CONSÉQUENCES DE L'IMPLICATION ORGANISATIONNELLE SUR L'INTENTION DE DÉPART

Meyer et Allen¹⁴ montrent que les trois types d'implication ne coexistent pas chez l'individu avec le même degré et n'ont ni les mêmes causes, ni les mêmes effets. Toutefois, plus l'implication des salariés est forte, moins l'intention de départ volontaire sera présente.

Ceci s'explique par le fait que davantage d'implication réduit le taux d'absentéisme, augmente la performance individuelle et par conséquent la performance collective. Il produit également une amélioration du bien-être social à travers la réduction du niveau de stress et l'augmentation de la motivation des membres. Les retombées du manque d'implication de la part des salariés ne se limitent pas à l'aspect quantitatif. Elles comportent également un aspect qualitatif tels que les conflits interrelationnels, les conflits sociaux, le retrait des salariés de la vie sociale de l'organisation, etc...).

L'existence d'une corrélation négative entre l'implication organisationnelle et le départ des salariés qu'il soit intentionnel ou réel est mise en évidence par plusieurs travaux qui soulignent toutefois, l'importance de traiter l'impact du comportement des salariés au travail sur le fonctionnement de l'entreprise et plus spécifiquement, l'impact de l'implication organisationnelle sur l'efficacité au travail.

L'implication affective incite, en effet, le salarié à davantage de motivation et de spontanéité dans son travail associées au désir de contribuer au bon fonctionnement de l'entreprise, d'où sa corrélation positive avec le taux de présence au travail. L'implication affective est également corrélée positivement avec la performance, alors que d'autres études montrent des corrélations non significatives entre cette dimension de l'implication et l'efficacité au travail.

Le lien négatif entre les deux autres types d'implication et le départ des salariés a, par ailleurs, été vérifié, mais leur degré de contribution à la prédiction des comportements et attitudes des salariés reste marginal. D'autres travaux soulignent une faible corrélation positive entre l'implication normative et l'efficacité au travail.

Cette corrélation s'avère être parfois significativement négative. La même interprétation s'applique également à la corrélation entre l'implication de continuité et l'efficacité au travail. L'implication peut également engendrer des comportements extra rôle, qui ne sont pas nécessairement reconnus par le système formel de récompenses mais qui se traduisent par un impact positif sur la performance organisationnelle.

¹² BENTEIN K., STINGLHAMBER F., VANDENBERGHE C., « L'engagement des salariés dans le travail », *Revue québécoise de psychologie*, vol. 21, n°3, 2000, 133-157

¹³ WIENER Y., *Commitment in organizations: A Normative View*, *The Academy of Management Review*, vol.7, n°3, 1982, p.418-428

¹⁴ MEYER J., ALLEN N., « A three component conceptualization of organizational commitment », *Human resource Management Review*, vol.1, 1991, p. 69-81

2.5 LE LIEN ENTRE LA GESTION DES COMPETENCES ET L'IMPLICATION ORGANISATIONNELLE

Jarnias¹⁵ définit les compétences en faisant la distinction entre deux parties: l'une est visible et concerne les capacités, les savoirs, les attitudes, le savoir-être et le rôle social et l'autre est invisible et est liée à l'image de soi, aux traits de caractère, à la motivation, à la passion et aux valeurs. Par ailleurs, la gestion des compétences est considérée par le même auteur, comme étant la mise en place des pratiques GRH centrées sur les salariés et ayant comme finalité de les impliquer dans la vie organisationnelle et de faciliter leur processus de socialisation.

Ces pratiques consistent à acquérir les compétences (spécifier les compétences requises et repérer les compétences détenues), les stimuler (les évaluer sur la base des référentiels de compétences et fixer les rémunérations en tenant compte de ces compétences) et les réguler (développer des stratégies de gestion des compétences individuelles et collectives afin de passer d'une gestion prévisionnelle des emplois à une gestion anticipée des compétences).

L'objectif majeur recherché à partir de la mise en place d'une telle démarche reste l'atteinte d'une rentabilité économique élevée à moyen et à long terme. Durand (2000) souligne également que leurs comportements et leurs attitudes ne semblent pas être pris en compte. D'un point de vue général, la démarche de gestion des compétences adoptée récemment par les différentes organisations a renforcé l'inhibition des salariés et leur intention de départ au lieu de contribuer à accroître leur implication.

Une seconde explication à la dissolution du lien entre gestion des compétences et implication organisationnelle consistant dans le manque de cohérence entre les discours managériaux et les pratiques GRH mises en œuvre par les managers. En effet, ni les plans de formation mis en place, ni les politiques de rémunération pratiquées ou encore les perspectives d'évolution des carrières tracées ne sont conformes à ce qui a été annoncé auparavant et aux attentes des salariés. L'hétérogénéité du système de compétences constitue une raison à la faiblesse du lien entre la démarche de gestion des compétences et l'implication au travail, alors que les activités destinées à l'acquisition des ressources humaines et à leurs régulations sont souvent préférées à celles destinées à la stimulation du personnel.

Afin de remédier à ces problèmes de départ des salariés, Pichault et Nizet¹⁶ proposent à l'organisation une individualisation de chacune de ses pratiques GRH afin d'accroître le degré d'autonomie et d'implication de ses salariés. Nous prenons l'exemple de l'individualisation de la rémunération qui incitera, selon nous, le salarié à mieux investir dans ses compétences en vue d'accroître sa rémunération et par conséquent de s'impliquer davantage dans son travail et renforcer son attachement à l'organisation.

L'organisation peut impliquer son personnel en adoptant d'autres moyens de développement des compétences comme la mise en place d'un plan de formation générale et spécifique adapté aux besoins des salariés ou encore des systèmes d'évaluation qui reconnaissent les efforts réalisés par les salariés. De plus, l'organisation peut exprimer sa reconnaissance à l'égard de ses salariés par la mise en place d'autres formes d'incitations comme l'élaboration d'un plan de promotion actif, en son sein, fixant les modalités et les conditions d'accès aux différents postes de responsabilité et de contrôle.

2.6 MOBILITÉ PROFESSIONNELLE ET PERFORMANCE ORGANISATIONNELLE

Cette section a pour premier objectif de montrer que la fonction Ressources Humaines s'est structurée et organisée de façon à devenir stratégique et participer, par conséquent, à la réalisation de la performance organisationnelle.

Le second objectif est d'étudier l'impact de la mobilité sur la performance des organisations. Pour ce faire, il s'avère nécessaire de distinguer entre deux types de flexibilité, à savoir: la flexibilité qualitative et la flexibilité quantitative. La nécessité de cette distinction réside dans le fait qu'elle évite à l'organisation une confusion entre ces deux concepts dans l'appréhension des solutions remédiant à leurs effets négatifs.

Le présent article met principalement l'accent sur la flexibilité quantitative en tant qu'un événement pouvant être causé soit par l'organisation, soit découler d'une décision volontaire de la part du salarié. La flexibilité qualitative étant obtenue,

¹⁵ JARNIAS S., « Gestion des compétences et implication organisationnelle : comment gérer et dépasser les contradictions cachées ? », Communication « jeune chercheur », 2003, journée AGRH.

¹⁶ PICHAULT F., NIZET J., Les pratiques de gestion des ressources humaines, Paris, 2000, éditions du Seuil.

grâce à la stabilité des ressources humaines et représente, de ce fait, une source primaire de confiance, d'implication organisationnelle, d'apprentissage et de création d'un potentiel de compétence.

3 L'IMPACT DES PRATIQUES RH SUR LA PERFORMANCE

Le capital humain de l'organisation apparaît comme une ressource stratégique dans la mesure où les connaissances, les compétences et les aptitudes professionnelles qu'il représente sont rares, imparfaitement imitables et non substituables. D'autres recherches font apparaître que la performance de l'organisation passe nécessairement par une bonne gestion des ressources humaines et par une valorisation de son capital humain. À cet égard, les efforts des spécialistes en GRH doivent être consacrés à l'identification d'opportunités de développement d'avantages compétitifs. Cela montre respectivement que les connaissances et les savoirs sont des variables à prendre en compte dans la réalisation de la stratégie de l'entreprise et que la principale occupation des organisations d'aujourd'hui est l'entretien de leur stock de capital humain et sa conservation.

La GRH a, ainsi, initié une certaine redéfinition de ses aspects, ses moyens et ses objectifs compte tenu de la complexification de l'environnement de l'organisation.

Parmi les changements qu'elle subit aujourd'hui, l'on peut citer les changements technologiques qui se traduisent par des effets indésirables, tels que l'isolement des employés, l'augmentation de la dose de stress chez les salariés ainsi que la diminution de leur degré d'implication au sein de l'organisation. Ceci contribue à leur départ de cette dernière, qu'il soit volontaire ou involontaire.

Les changements économiques représentent également une menace pour l'organisation dans la mesure où elle doit aujourd'hui s'insérer de plus en plus dans l'espace économique international et opter pour d'autres modes de fonctionnement tout en recherchant la minimisation des coûts de production et la maximisation de la valeur ajoutée. La GRH se trouve aussi confrontée aux changements socioculturels et politiques qui modifient les valeurs associées auparavant au travail (le refus de l'autorité dans le cadre d'une relation hiérarchique ou celle basée sur l'âge et l'expérience) et par une autre valorisation de son contenu afin qu'il soit conforme aux nouvelles attentes individuelles et collectives en matière de stabilité et de reconnaissance sociale.

Plusieurs approches ont tenté d'étudier l'impact des pratiques GRH sur la performance. L'identification de la typologie de trois approches pour expliquer ce lien à savoir l'approche universaliste, l'approche de contingence et l'approche de configuration. Le développement d'une approche différente mettant en évidence un autre type d'interaction entre la stratégie de l'organisation et les pratiques GRH en tenant compte des différents cycles de vie de l'organisation (création, développement, maturité et transformation profonde).

L'idée sous-jacente à ce raisonnement est que les compétences et les connaissances requises de chaque salarié diffèrent selon la phase dans laquelle se situe l'organisation et met Par ailleurs en évidence les nouvelles missions attribuées à la GRH en soulignant qu'elles sont de deux types:

La première est d'ordre économique et se rattache directement aux objectifs de l'organisation. La GRH a, en effet, comme tâche de fournir en quantité, en qualité, au bon moment et aux moindres coûts, les ressources humaines dont l'organisation a besoin.

La deuxième est d'ordre social et est liée aux facteurs de motivation du personnel. La finalité recherchée étant la sérénité de l'organisation.

3.1 LES DETERMINANTS DE LA MOBILITE PROFESSIONNELLE ET SON IMPACT SUR LA PERFORMANCE ORGANISATIONNELLE

Nous démontrons, ainsi, à ce niveau que les déterminants du départ des salariés sont d'ordres individuels, organisationnels et sectoriels. Cependant, d'autres facteurs participent à la génération de ce processus dont la performance individuelle. On distingue, en outre, le rôle de l'implication organisationnelle résultant de l'interaction entre ses trois composantes à savoir l'implication affective (IA), l'implication normative (IN) et l'implication de continuation (IC).

La performance individuelle est de nature à influencer aussi bien positivement que négativement le départ de salariés. Si la performance du salarié augmente sans être accompagnée par une augmentation des incitations qui lui sont accordées par l'organisation, ce dernier aura tendance à la quitter. Dans le cas contraire, une reconnaissance de la part de l'organisation des efforts fournis par son salarié, se traduit par le développement de son sentiment d'appartenance et de son attachement organisationnel. Pareillement, la performance individuelle augmente avec l'accroissement du stock du capital humain possédé par l'organisation, constitué simultanément par les connaissances du salarié, ses aptitudes et ses compétences.

Outre le capital humain, la performance individuelle tire profit de l'interaction entre la stratégie globale poursuivie par l'organisation et la stratégie ressources humaines adoptée. Elle agit, également, de façon positive sur la performance organisationnelle qui se base essentiellement sur la contribution individuelle des membres de l'entité.

L'implication organisationnelle a un impact significatif sur la mobilité des salariés mais, celui-ci est négatif, car plus d'implication de la part des salariés dans leur travail diminue le taux de leur départ. Elle s'envisagerait comme étant intégrée dans une démarche de gestion des compétences pratiquée dans le cadre d'une politique de flexibilité qualitative choisie par la Direction des ressources humaines.

Cette interaction porte ses fruits dans la mesure où elle se traduit par de nombreux effets positifs sur la performance organisationnelle. Cependant, la flexibilité quantitative paraît nuisible à la performance de l'organisation non seulement parce qu'elle s'accompagne d'une réduction des effectifs au moment où l'entreprise a besoin de tout son personnel mais également parce qu'elle a des effets négatifs considérables notamment en termes de coûts. Les performances financières et sociales de l'organisation participent également, à la rétention du personnel contre le risque de départ et renforcent par conséquent son sentiment d'appartenance.

3.2 DETERMINANTS DU DEPART DES SALARIES ET IMPACT SUR LA PERFORMANCE ORGANISATIONNELLE

Il apparaît également que les effets des déterminants de la mobilité des salariés (caractéristiques individuelles, caractéristiques organisationnelles et caractéristiques sectorielles) sur la variable à expliquer (départ des salariés) peuvent être envisagés simultanément dans la mesure où chaque déterminant n'agit pas séparément sur la variable à expliquer mais de façon concomitante avec d'autres facteurs.

Ces variables explicatives peuvent être inter-reliées et produisent, ainsi, de effets interférant sur leurs liens avec la variable à expliquer et ce, soit en les renforçant, soit en les diminuant. Il est également possible de tester l'effet de l'implication organisationnelle sur la variable départ des salariés, en remarquant, toutefois, que la variable implication organisationnelle est une variable dépendante et est expliquée, selon le modèle, par les variables: implication affective, implication normative et implication de continuation. Le départ des salariés et l'implication organisationnelle deviennent deux variables indépendantes quand il s'agit de tester leurs effets sur la performance organisationnelle.

4 CONCLUSION

Le présent article s'insère dans le cadre de l'étude du phénomène de départ volontaire des salariés.

Dans un premier temps, nous avons défini ce concept et identifié ses différentes approches ainsi que ses déterminants. Ces derniers sont d'ordres individuels, organisationnels et sectoriels. Ensuite, nous avons traité le concept d'implication organisationnelle en tant qu'un facteur spécifique agissant sur la prise de décision de mobilité et sur lequel l'organisation pourrait agir pour limiter son impact. Nous avons, pour cela, montré que cette variable interagit avec la démarche de gestion des compétences adoptée par la direction des ressources humaines et constitue par conséquent un frein au départ volontaire des individus.

Dans un second temps, nous avons spécifié la relation entre la gestion des ressources humaines et la performance organisationnelle. En effet, cette dernière s'atteint et s'enrichit par le bon usage des pratiques GRH, au service de la performance individuelle et collective. Parmi ces pratiques, l'on peut citer l'investissement en formation générale et spécifique, le développement des formes d'incitations internes comme la rémunération et la mise en place d'un système de promotion ainsi que le renforcement du degré d'attachement et d'engagement vis-à-vis de l'organisation. Cependant, la mesure de la performance organisationnelle reste plus au moins ambiguë compte tenue de la multiplicité des critères disponibles.

Dans un troisième temps, nous avons montré que la mobilité des salariés se résumant uniquement en son volet quantitatif, se traduit aussi bien par des effets négatifs que par des effets positifs. Ainsi, nous envisageons dans une étape ultérieure, de mener cette étude sur le marché du travail congolais et plus particulièrement à la Gécamines, afin de comprendre les mécanismes de son fonctionnement ainsi que le comportement de ses acteurs.

REFERENCES

- [1] ARCHAMBEAU L., *The structure of opportunity: A multilevel analysis of interfirm job mobility*, Thèse de doctorat en sciences de gestion, Université de Californie, Berkeley, 2002.
- [2] BATAL C., *La gestion des ressources humaines dans le secteur public*, Tome 1, « L'analyse des métiers, des emplois et des compétences », Paris, Les Editions d'Organisations, 1997.
- [3] BECKER G., « Investment in human capital: A theoretical analysis », *Journal of Political Economy*, vol.70, n°5, 1962.
- [4] BENTEIN K., STINGLHAMBER F., VANDENBERGHE C., « L'engagement des salariés dans le travail », *Revue québécoise de psychologie*, vol. 21, n°3, Berkeley, 2000.
- [5] CADIN L., BENDER A. F., SAINT-GINIZIEZ V., PRINGLE J., « Carrières nomades et contextes nationaux », *Revue Française de Gestion des Ressources Humaines*, n° 37, 2000.
- [6] EISENBERGER R., FASOLO P., DAVIS-LAMASTR V, Perceived organizational support and employee diligence, commitment, and innovation, *Journal of Applied Psychology*, vol.75, n°1, 1990.
- [7] HAVEMAN H. A., COHEN L. E., « The ecological dynamics of careers: The impact of organizational founding, dissolution, and merger on job mobility », *American journal of Sociology*, vol.100, n°1, 1994.
- [8] HERRBACH O., MIGNONAC K., SIRE B., « Identification ou implication organisationnelle ? Enjeux théoriques et de mesure pour la recherche en GRH », *Revue de gestions des ressources humaines*, n° 59, 2006.
- [9] JARNIAS S., « Gestion des compétences et implication organisationnelle: comment gérer et dépasser les contradictions cachées ? », *Communication « jeune chercheur »*, Journée AGRH, 2003.
- [10] MEYER J., ALLEN N. « A three component conceptualization of organizational commitment », *Human resource Management Review*, vol.1, 1991.
- [11] NICHOLSON N., WEST M., « Transitions, work histories, and careers » *Cambridge University Press*, 1989.
- [12] PICHAULT F., NIZET J., *Les pratiques de gestion des ressources humaines*, Paris, Editions du Seuil, 2000.
- [13] Van der Linden, Rotation des emplois et mobilité des travailleurs en Belgique, cahiers économiques de Bruxelles, 2ème trimestre 1999, n°162, 1999.
- [14] VATTEVILLE E., *Management stratégique de l'emploi*, Paris, EMS (Management et Société), 2003.
- [15] WIENER Y., Commitment in organizations: A Normative View, *The Academy of Management Review*, vol.7, n°3, 1982.

