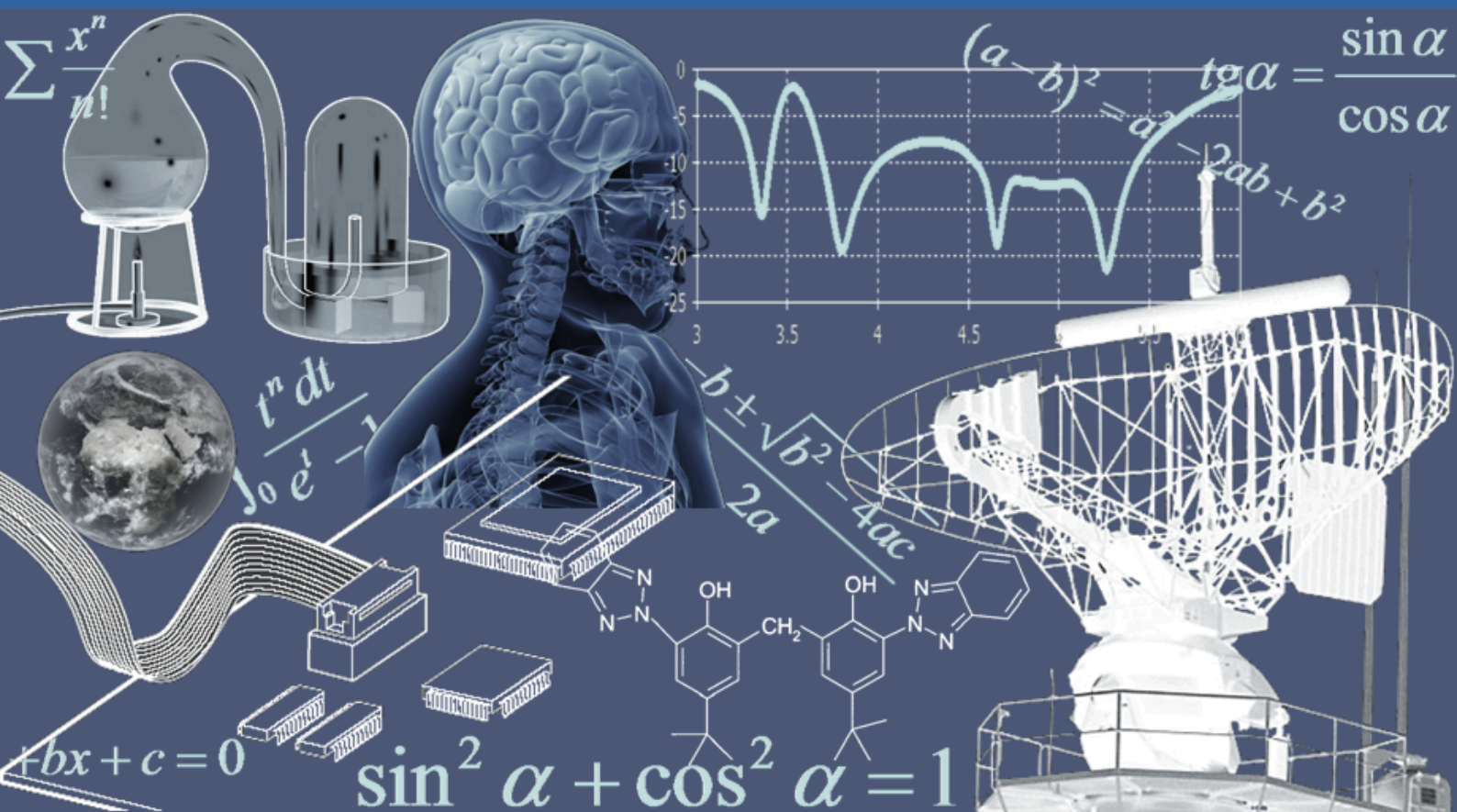


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 34 N. 3 November 2021



International Peer Reviewed Monthly Journal



International Journal of Innovation and Applied Studies

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

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

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

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

Editorial Advisory Board

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

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

Table of Contents

Soluciones smart mobility para el estacionamiento inteligente en edificios <i>Jorge Hidalgo Larrea, Mitchell Vásquez Bermúdez, María Avilés Vera, José Salavarría Melo, and Suárez Jaramillo Alex</i>	420-426
Simulación de la dispersión de una nube toxica de amoniaco <i>Marco Arturo Arciniega Galaviz, Valeria Michelle Vega Atondo, and Raquel López Valenzuela</i>	427-432
Las habilidades metacognitivas en el desarrollo del aprendizaje autorregulado en los estudiantes de la Educación Superior <i>Mabel Elizabeth Barriga Pizarro, Silvia María Balón Pinillo, Hillary Marissa Torres Ruiz, María Clemencia Balseca Córdova, and Raquel Aracely Asunción Parrales</i>	433-444
The consequences of the Covid-19 health crisis on the Moroccan economy <i>Fatima Zahra EL ARIF and Tarik Ouamar</i>	445-454
Projections climatiques dans des régions orographiques d'Afrique sous les scénarios d'un réchauffement de 1.5°C et 2°C <i>Ibrahima Diba, Mamadou L. Mbaye, Hamady N. Sabaly, Jules Basse, and Moustar Camara</i>	455-468
The Learning between Heart and Brain <i>Ali Salim Rashid Alghafri</i>	469-473
Pratique d'embouche ovine et spéculation commerciale de mouton de Tabaski au Niger: Entre rite religieux et l'affairisme pécuniaire <i>Moussa Mahamadou Sani, Adamou Karimou Ibrahim, Mamman Mani, and Djaouri Nahantchi Yaou</i>	474-482
Modélisation de la croissance de la tomate (<i>Lycopersicum esculentum</i>) à partir des réseaux de neurones artificiels dans la region de daloa (Côte d'Ivoire) <i>Kouame N'guessan and Assidjo Nogbou Emmanuel</i>	483-496
Lupus découvert lors de la grossesse: A propos d'un cas avec revue de littérature <i>H. Souradi, Z. Bennani, F. Amqrane, M. Hijji, M. Youssfi, and Samir Bargach</i>	497-505
Mélanome malin primitif du col : A propos d'un cas avec revue de la littérature <i>H. Souradi, Z. Bennani, F. Amqrane, S. Tligui, K. Fathi, and N. Amrani</i>	506-512
Intégrale double d'Henstock d'une fonction floue dont l'une des variables est floue <i>Kumwimba Seya Didier, Zerbo Sieka, Banza Mwape Josline, and Ikuwe Ndjeka Graciel</i>	513-520
Modeling of Humidity Evolution During Solar Drying of Cassava in a Ventilated Attic <i>Aristide Tieu, Simon Abe Yapi, and Prosper Gbaha</i>	521-531
Etude de l'influence de <i>Jatropha curcas</i> sur le rendement du maïs (<i>Zea mays</i> L.) en association culturale dans la région de Bingerville en Côte d'Ivoire <i>Alla Kouadio Théodore, N'Ganzoua Kouamé René, Yeo Gnénakan, and Kouadio Yatty Justin</i>	532-542
Influence de la stratégie communicationnelle sur l'adoption des méthodes contraceptives modernes par l'Eglise des Assemblées de Dieu en zone péri-urbaine d'Abomey-Calavi (Bénin) <i>Rodrique Sèdjrofidé Montcho, M'Bouaré Frédéric Kombieni, and Judith Dognon Alofan</i>	543-550
Qualité microbiologique et physico-chimique du « Tomi » : Une boisson artisanale à base de pulpe de <i>Tamarindus indica</i> , vendue à Korhogo (Côte d'Ivoire) <i>Yao Konan Mathurin, KAMBIRE Olo, Coulibaly Katinan Rémi, Diomande Alhassane, and Rose Koffi-nevry</i>	551-560
Eco-design of heterogeneous Fenton processes using laterite and kaolinite for methylene blue degradation <i>Coulibaly Sandotin Lassina, Sangaré Drissa, Kone Tiangoua, and Lacina Coulibaly</i>	561-572
Densité et distribution des éléphants de la forêt classée de la Bossematié (Sud-Est, Côte d'Ivoire) <i>Soulemane Ouattara, Kasse Kouadio Benoît, Atta Assemien Cyrille-Joseph, Yao Kouassi Alphonse, Kouakou Jean-Louis, Kambire Samir Blaise, and Kouakou Jean Paterné</i>	573-582
Impacts des banquettes et demi-lunes forestières sur les caractéristiques physico-chimiques du sol et la diversité végétale spontanée dans l'Ouest nigérien <i>Abdou Amani, Adam Issifou, Barmo Soukaradjii, Abdourahaman Elh Moudi Moustapha, and Mahamane Ali</i>	583-600

L'enseignement à distance au temps de la Covid-19 : Cas de la Faculté des Sciences de l'Education de Rabat <i>Youssef Nafidi</i>	601-612
Femme et le développement de la filière rizicole dans le département d'Oumé <i>KANGA Koco Marie-Jeanne</i>	613-621
A PHP program for the spatial and statistical analysis of lineaments in the Denguélé District (North-West of Côte d'Ivoire) <i>Pinatibi Hyann, T. J. H. Coulibaly, M. Soro, and G. J. Ouattara</i>	622-634
Impact of wastewater from a textile industry used for irrigation in the nitrate contamination of Allium schoenoprasum crops in the city of Bouaké in Côte d'Ivoire <i>Bamba Massa Ismael, Siaka Sorho, and Soro Yaya</i>	635-642
Character archetypes in Literature, a picture of what exists elsewhere: A Study of Gabriel Okara's The Voice <i>Fiston Mugisho Ntanga</i>	643-656
Meaning deviation through a mispronunciation of some words during communicative practices in Bukavu Swahili <i>Fiston Mugisho Ntanga, Innocent Ntambaka Mashongole, Emile Baderha Bakenga, and Barthelemy Muzaliwa Balume</i>	657-668
Analyse des contraintes de l'élevage des caprins en territoire de Kalehe: Cas du groupement de Kalonge <i>FITINA TOTO Willy, Ruhanamirindi Bisusa, and Buhendwa Wa Rumonz</i>	669-680
Experimental determination and modeling of desorption isotherms and isosteric heat of onion <i>Sevnaou Mbengue, Alassane DIENE, Baba Ngom, Mouhamadou Thiam, and Mamadou Wade</i>	681-689
Neurotic angioedema and pregnancy: Report of a case and review of the literature <i>M. Kriouile, Samir Bargach, and M. Youssfi</i>	690-691
Carbon monoxide and pregnancy: Cause of miscarriage in pregnant women in the first trimester? <i>M. Kriouile, Samir Bargach, and M. Youssfi</i>	692-694
Sein surnuméraire axillaire : A propos d'un cas <i>M. Kriouile, K. Kriouile, H. Chaara, and My A. Melhouf</i>	695-697
Étude des fréquences et facteurs favorisants de la hernie en milieu rural en RDC: Cas de l'hôpital général de référence Pandji de Tshela de 2009 à 2013 <i>Euti Yinkimi Sambu</i>	698-702

Soluciones smart mobility para el estacionamiento inteligente en edificios

[Smart mobility solution for intelligent parking in buildings]

Hidalgo Larrea Jorge, Vásquez Bermúdez Mitchell, Avilés Vera María, Salavarría Melo Jose, and Suárez Jaramillo Alex

Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador

Copyright © 2021 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: Smart Mobility provides clean, safe and efficient mobility; with a wide range of transport modes such as bicycles, buses, light rail, subways, trams, taxis, autonomous vehicles, with most options for movement within the ecosystem of smart mobility. A Smart Mobility solution consists of smart parking lots in buildings that contain control and management systems monitored remotely to obtain available spaces. This document briefly details the concept and a comparison of results of Smart Mobility solutions for smart parking.

KEYWORDS: Smart mobility, intelligent parking.

RESUMEN: Smart Mobility proporciona una movilidad limpia, segura y eficiente; con una amplia gama de modos de transporte como bicicletas, autobuses, trenes ligeros, metros, tranvías, taxis, vehículos autónomos, con la mayoría de opciones para el desplazamiento dentro del ecosistema de la movilidad inteligente. Una solución de Smart Mobility consiste en estacionamientos inteligentes en edificios que contengan sistemas de control y gestión monitoreados de forma remota para la obtención de espacios disponibles. Este documento detalla brevemente el concepto y una comparativa de resultados de soluciones Smart Mobility para estacionamientos inteligentes.

PALABRAS-CLAVE: Smart Mobility, estacionamiento inteligente.

1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad los conceptos de las ciudades inteligentes constituyen un nuevo fenómeno buscando solucionar los problemas de sostenibilidad que tienen las ciudades. Estas soluciones están vinculadas a las infraestructuras de TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación) que utilizan el potencial de los recursos tecnológicos de la actualidad. De acuerdo con Velásquez, en una ciudad digital, términos como e-gobierno, e-comercio o la banca electrónica son naturales, y los ciudadanos encuentran “e-servicios” seguros, útiles, eficaces, eficientes y convenientes, de tal forma que la misma sociedad demandaría la generación de mayores servicios electrónicos, con lo cual se crea un círculo virtuoso.

Tal como dice Zaera. Cuando se aplican soluciones de tecnologías de la información para resolver problemas de movilidad urbana de forma sostenible, se dice que estamos ante una movilidad urbana inteligente o “smart mobility”.

Sin embargo, las TIC son una tecnología fundamental pero no necesaria para comenzar la implementación de las iniciativas de movilidad inteligente; pero hay que considerar que su importancia aumenta cuando la complejidad y la madurez de los proyectos de Smart Mobility se vuelven más altas.

Smart Mobility contribuye a los objetivos de Smart City con sus objetivos específicos impactando, así como un factor importante del Smart City, es reducir la huella ambiental de la ciudad o mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.

Según Prada, Romera, Añez, & Sánchez. Las nuevas soluciones de Movilidad Inteligente se presentan como una gran oportunidad para optimizar y mejorar la planificación y operación eficiente de los sistemas de transporte, así como para contribuir a reducir sus principales inconvenientes.

"Smart Mobility prioriza el uso de los medios de transporte limpios y no motorizados en determinadas ocasiones. Además proporciona información relevante en tiempo real que el público puede acceder para ahorrar tiempo y mejorar la eficiencia, mejorando el ahorro y reduciendo las emisiones de gases CO_2 , así como mejorar la gestión de los servicios de redes de transporte y proveer un feedback para los ciudadanos".

Los sistemas inteligentes de transporte integran de manera eficiente todas las modalidades de transporte multimodal, tanto la movilidad individual como los transportes públicos. Todo ello puede conllevar mejoras en la seguridad, la gestión de la red, la congestión del tráfico, la situación del medio ambiente, la accesibilidad, la comodidad y la percepción de la ciudadanía.

En la actualidad, la industria automotriz ha tenido un incremento descontrolado en la zona urbana, esto genera una carga de tráfico y una gran demanda en las plazas de estacionamiento, convirtiéndose en un serio problema para el sistema de tránsito vehicular debido a una incorrecta gestión y falta de espacios disponibles; utilizando los recursos tecnológicos e implementando soluciones Smart Mobility se puede optimizar el descongestionamiento de tráfico vehicular y creando infraestructura para estacionamientos públicos.

2 ESTADO DEL ARTE

En la ciudad de Alcorcón, Madrid se implementó Sistema de aparcamiento inteligente aplicado a las Smart Cities un sistema que permite identificar las calles que tiene más estacionamiento libre con ayuda de nodos y routers tanto en los vehículos como en los estacionamientos, obteniendo mayor fluidez del tráfico y obteniendo como resultado ayudar en las tareas de ordenación vehicular, el cual es un beneficio de las Smart Cities.

De la misma manera en Ibarra, Ecuador se implementó un Prototipo de Detección de Aparcamientos Libres Mediante Visión Artificial en un parqueadero de La Universidad Técnica Del Norte, Mediante un Raspberry Pi, logaritmos y sensores de procesamiento de imágenes este último nos ayuda a hacer uso de visión artificial lo cual nos permite reducir el número de sensores inalámbricos brindando así un ahorro en la reducción de costos y recurso energético, siendo así muy viable en la Smart City.

Según Cebrián en su libro "Smart City" menciona la estructura de una Smart City, que consta de un espacio urbano, un sistema de infraestructuras, un complejo de redes y plataformas inteligentes y por último una ciudadanía que ejerza de eje vertebrador. El propósito final de una Smart City es alcanzar una gestión eficiente en todas las áreas de la ciudad (urbanismo, infraestructuras, transporte, servicios, educación, sanidad, seguridad pública, energía), satisfaciendo a la vez las necesidades de la urbe y de sus ciudadanos.

Las Naciones Unidas haciendo énfasis en la innovación tecnológica y la cooperación entre agentes económicos y sociales consolidan los principios de Desarrollo Sostenible expuestos en el Programa 21, como los principales motores del cambio. Estos principios deberán aplicarse especialmente a aspectos como:

- La infraestructura tecnológica: redes de información como mecanismo de comunicación, plataformas inteligentes, infraestructuras eco eficientes, etc.
- La estrategia energética: uso de energías renovables, sistemas de almacenamiento y aprovechamiento de energía, etc.
- La gestión y protección de los recursos: ordenación del territorio y de los recursos basada en criterios de sostenibilidad, cooperación entre administraciones, etc.
- La provisión de servicios: desarrollo de nuevos modelos colaborativos que permitan integrar lo público y lo privado, modelos de servicios mancomunados, etc.
- El Gobierno: accesibilidad de los datos, transparencia en la gestión, aplicación de políticas sostenibles, etc.

Papa y Lauwers menciona en su artículo que el término Smart Mobility, apareció a principios de los años noventa para señalar a una ciudad con un sistema de movilidad cada vez más dependiente de la tecnología y la innovación. Y Según Brčić & Slavulj entre otros, Smart Mobility es un concepto en el que, con diversos datos pasados y en tiempo real, y con la ayuda de tecnologías de información y comunicación (TIC), se optimiza el tiempo de viaje, lo que resulta en reducciones en el uso del espacio, congestión vial, accidentes de tránsito y emisiones de gases nocivos. Smart Mobility va más allá de las formas alternativas de transporte. La movilidad inteligente se basa en los siguientes principios :

- Flexibilidad: los múltiples modos de transporte permiten a los viajeros elegir cuáles funcionan mejor para una situación determinada.
- Eficiencia: el viaje lleva al viajero a su destino con una interrupción mínima y en el menor tiempo posible.
- Integración: la ruta completa se planifica puerta a puerta, independientemente de los medios de transporte que se utilicen.
- Tecnología limpia: el transporte se aleja de los vehículos que causan contaminación a los de cero emisiones.
- Seguridad: las muertes y accidentes se reducen drásticamente.

Dos aspectos más a tener en cuenta en relación con la Smart Mobility son la accesibilidad y el beneficio social, puesto que la misma debe ser asequible para todos y ayudar a brindar una mejor calidad de vida.

Los edificios inteligentes con Smart Mobility son inmuebles que usan tecnología computacional para dirigir de manera autónoma la disponibilidad de estacionamientos, con el fin de optimizar los tiempos de parqueo de los vehículos. Estas soluciones inteligentes de estacionamiento necesitan la ayuda de sensores, cámaras de seguridad y conectividad a Internet, las ciudades pueden reducir el problema del estacionamiento en edificios de parqueos congestionados al compartir datos sobre el estacionamiento disponible para los consumidores a través de aplicaciones móviles.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

En esta etapa se detectaron los trabajos más relevantes de acuerdo a las características que presenta cada autor donde se tomaron en cuenta los referentes a solución Smart Mobility para el estacionamiento inteligente en edificios, además se detectaron los puntos de interés por cada librería seleccionada. En la tabla 1 se muestran los trabajos con sus características tecnológicas para la solución Smart Mobility correspondientes a la base de datos seleccionada.

Tabla 1. Artículos relacionados y sus características tecnológicas Smart Mobility

Artículo relacionado	Características	Tecnologías usadas
Car Towers	En el parque temático de Autosladdt en Wolfsburg, Alemania es un ejemplo de estacionamientos inteligentes, estas torres albergan alrededor de 400 autos nuevos y se mantienen ahí aproximadamente 24 horas antes de que se lo entregue al nuevo propietario, éstas tienen un sistema de plataforma robótica montado sobre rieles los cuales sirven para sacar los automóviles nuevos utilizando dos "lanzaderas de automóviles" o elevadores por torre, cada uno de los cuales sirve a 180° del silo.	• Microcontroladores • PIC C Compiler (lenguaje de programación) • Puente H • Servicio de estacionamiento
PLACEPOD® Vehicle Detection Sensor	La solución de PNI es PlacePod, un sensor de estacionamiento inteligente montado en una superficie plana que se comunica con una puerta de enlace LoRa o una estación base Sigfox para proporcionar datos de estacionamiento en tiempo real. El cual proporciona detección precisa de vehículos en espacios de estacionamiento, hasta 10 años de vida útil de la batería, y es estable en caso de fluctuaciones de temperatura, incluso en ambientes hostiles	• Sistema de detección magnética • Radio LoRa (LPWAN) • Sensores para ahorro de energía • Bluetooth • Servicio de estacionamiento Cloud • Cámaras • Sensores de proximidad
Millennium point	Millennium Point, Birmingham (Inglaterra), es una estructura cúbica que se enciende en diferentes colores por las noches. El estacionamiento es propiedad del Ayuntamiento de Birmingham y diseñado por sus arquitectos de diseño urbano. Se hizo un fuerte énfasis en la calidad de los materiales y el impacto visual del esquema tanto en términos de diseño urbano como de apariencia. Se consideraron tres sistemas de estacionamiento especializados diferentes en la producción de los costos del presupuesto. Para la determinación de los lugares de estacionamiento libres se optó por utilizar sensores magnéticos de tres ejes. Estos presentan una serie de características que lo destacan frente a los demás sensores considerados: infrarrojos y ultrasónicos. Además, se produjo en un diseño geométrico 3D que incorpora una serie de secciones de 'lightpod' de acrílico azul. Estos no solo	• Sensores magnéticos 3 ejes. • Lightpod (Luces led) • Servicio de estacionamiento

	proporcionan un contraste de color con el revestimiento anodizado plateado, sino que también permiten que la luz interior del estacionamiento cree un efecto sorprendente desde la vista externa.	
Desarrollo de un prototipo de parqueadero inteligente empleando redes de sensores inalámbricos. Carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones. Universidad de las Fuerzas Armadas ESP	Este proyecto se desarrolló un prototipo de parqueadero inteligente empleando redes de sensores inalámbricos. La cantidad de vehículos que actualmente existe en las grandes urbes requiere de nuevos métodos para la gestión de la movilidad, tanto en el control del tráfico como en la gestión de las plazas de parqueo. Las redes de sensores pueden ser una herramienta importante para difundir información acerca del estado de la ciudad. El análisis de trabajos previos nos permitió conocer las deficiencias de éstos, tanto en el análisis del retardo del sistema como de los beneficiarios que trae su implementación	• Módulo Waspmote • Módulo de comunicaciones • Módulo Gateway • Sensores ultrasónicos
Plataforma de estacionamiento inteligente con sistema de información en tiempo real usando aplicación móvil para shopping center de Quevedo	El propósito es analizar la factibilidad de aplicación de un sistema de parqueadero inteligente con redes de sensores inalámbricos para reducir el tiempo de búsqueda en un lugar de parqueo y ahorro de recursos. Basada en una investigación de campo, es decir, en el lugar donde se sitúa el problema, también se pudo obtener resultados mediante la elaboración de encuestas a los usuarios y dueños de locales comerciales del centro comercial. La topología de red es mesh (malla) y digimesh para que el sistema esté siempre informado sobre todos los sensores en funcionamiento y exista un respaldo ante fallos	• Router • Módulo RFD • Placas de sensores inteligentes • Sensor Smart Parking
Estacionamiento inteligente de BGH Tech Partner	La solución de Estacionamiento Inteligente consiste en un Sistema de control y gestión de estacionamiento medido que monitorea de forma remota la disponibilidad de lugar para estacionar en la vía pública o estacionamiento privado. A través de la instalación de sensores en la vía pública, se podrá comprender si el lugar se encuentra ocupado o libre para estacionar. Esta información podrá ser consumida desde cualquier dispositivo con acceso a Internet y esta solución se podrá integrar con un sistema de pago.	• Sensores de proximidad • Microcontrolador • SIS Proteus (Sistema operativo) • PIC C Compiler (lenguaje de programación) • PUENTE H • Motor paso a paso
GUIADO DE PARKING URBANO PARA EXTERIOR El reto – reducir el tiempo de búsqueda de aparcamiento	La solución de guiado de parking equipa cada plaza de parking en la vía pública o bien las entradas y salidas de un área de aparcamiento con sensores inalámbricos. Los sensores detectan la presencia o bien el paso de vehículos, para transformar estos datos en información útil para la gestión y uso más eficiente del aparcamiento. La información recogida por el sistema transmite las opciones de aparcamiento libre a los conductores a través de paneles de señalización variable y/o APPs. La visibilidad respecto a la disponibilidad de plazas permite a los usuarios escoger la mejor opción de aparcamiento según la política de movilidad de cada localidad, agilizando enormemente el proceso. La solución de guiado reduce las congestiones y la contaminación generada por ellas, y en consecuencia favorece el bienestar ciudadano.	• Sensores inalámbricos • Plataforma Web • API para la integración del sistema con sistemas de terceros • Software de gestión
El reto – aumentar las rotaciones para favorecer un aumento del número de usuarios de las plazas de estacionamiento regulado	El control eficaz del estacionamiento regulado. Gracias al sensor de parking U-Spot, puedes saber de manera precisa y fiable cuando aparcar un vehículo y durante cuánto tiempo está aparcado lo que permite asegurarte que los conductores respeten el tiempo de aparcamiento máximo definido y automatizar el control del pago.	• Sensor de parking U-Spot • Control del pago automático.
Soluciones integrales para la automatización y control de estacionamientos y tráfico de Intellisoft	Una solución integral de equipos y sistemas en el Aeropuerto de Lima, para el área de parqueos que abarca aproximadamente 1600 vehículos y que soporta un flujo diario de 10000 automóviles aproximadamente, garantizando un control de la recaudación, optimizando el retorno de la inversión, obteniendo información estadística de ingresos y al mismo tiempo brindando un servicio eficiente.	• Código de barras • Scanner de barras • Gestión de Control • Sensores

AGV - sistema de auto-carga para la transferencia robótica de vehículos	El sistema de estacionamiento de AGV consiste en unidades de movimiento libre y multi-direccional, operadas con baterías, usando software de coordinación del tráfico, con marcadores codificados, sistemas de visión y laser de auto-orientación para manejar el almacenaje automatizado y el retorno de vehículos en las plataformas.	• Sensor de plaza de parking inalámbrico • Plataforma de gestión web para configurar, instalar y mantener el sistema • Servicios de integración de datos estandarizados
Parking Robotizado LP System	Diseñado para emplazamientos estrechos y hasta 100 metros de largo con 80 plazas por sistema. Presenta cabinas con o sin giro, ascensores laterales para optimizar tiempos de operación, intercambiador automático de pallets y multi-filas	• Robótica
Sistema RPS 1000	Utilizando sistemas de elevación para incrementar el espacio de parqueo, ha planteado distintas soluciones de estacionamiento verticales de la línea Parking. Entre ellas se puede destacar la plataforma de elevación simple PS001 que tiene un funcionamiento sencillo que permite estacionar dos vehículos en un solo espacio de estacionamiento, convirtiéndose en un sistema apilable, adaptable a cualquier espacio y de bajo costo comparado con otras soluciones.	• Plataforma de elevación simple PS001.
A Survey of Smart Parking Solutions	El sistema de estacionamiento de vehículos ahora es un sistema inteligente que utiliza diversas tecnologías e investigaciones avanzadas implementadas en muchos entornos con diversas características.	• Funcionalidad en tres niveles; el nivel más bajo que comprende la funcionalidad de detección, un nivel intermedio para el reenvío de datos y el nivel superior que maneja el almacenamiento, procesamiento de datos, y las interfaces del cliente.
Urban and social sensing for sustainable mobility in smart cities	Estos servicios se basan en datos recopilados por sensores ambientales y sociales que se procesan previamente y se analizan mediante técnicas de extracción de datos para determinar información útil, como el estado del flujo de tráfico y los estacionamientos, eventos especiales, y accidentes.	• Sensores ambientales y sociales.

Fuente: Autores

4 RESULTADOS

En el parque temático de Autosladdt en Wolfsburg, Alemania se presenta un ejemplo de estacionamiento inteligente, estas torres albergan alrededor de 400 autos nuevos y se mantienen ahí aproximadamente 24 horas antes de que se lo entregue al nuevo propietario, éstas tienen un sistema de plataforma robótica montado sobre rieles los cuales sirven para sacar los automóviles nuevos utilizando dos “lanzaderas de automóviles” o elevadores por torre.

Así mismo el Millennium Point, el estacionamiento del Ayuntamiento de Birmingham (Inglaterra), es una estructura cúbica diseñada por sus arquitectos de diseño urbano haciendo énfasis en la calidad de los materiales y en el impacto visual del esquema tanto en términos de diseño como de apariencia, el cual se enciende en diferentes colores por las noches gracias a su diseño geométrico que incorpora una serie de secciones de “lightpod” de acrílico azul. Para la determinación de los lugares de estacionamiento libres se optó por utilizar sensores magnéticos de tres ejes. Estos presentan una serie de características que lo destacan frente a los demás sensores considerados: infrarrojos y ultrasónicos.

De la misma manera PLACEPOD® Vehicle Detection Sensor un solución de PNI CORP, un sensor de estacionamiento inteligente montado en una superficie plana que se comunica con una puerta de enlace LoRa o una estación base Sigfox para proporcionar datos de estacionamiento en tiempo real, el cual proporciona detección precisa de vehículos en espacios de estacionamiento, su batería tiene una vida útil de hasta 10 años, y es estable en caso de fluctuaciones de temperatura, incluso en ambientes hostiles.

Las redes de sensores pueden ser una herramienta importante para difundir información acerca del estado de la ciudad. Así mismo la plataforma de estacionamiento inteligente con sistema de información en tiempo real usando aplicación móvil para shopping center de Quevedo (Ecuador), resultó una investigación importante utilizando topologías de redes mesh (malla) y digimesh para que el sistema esté siempre informado sobre todos los sensores en funcionamiento y respaldo ante fallos.

Además existen soluciones de guiado de parking urbano para exterior, los sensores detectan la presencia o bien el paso de vehículos, para transformar estos datos en información útil para la gestión y uso más eficiente del aparcamiento.

Por otra parte en el control eficaz del estacionamiento regulado, utilizaron sensores de parking U-Spot, el mismo que permite saber de manera precisa y fiable cuando aparcar un vehículo y durante cuánto tiempo está estacionado lo que permite asegurar que los conductores respeten el tiempo de estacionamiento máximo definido y automatizar el control del pago.

Una solución integral de equipos y sistemas fue realizado en el Aeropuerto de Lima (Perú), para el área de parqueos que abarca aproximadamente 1600 vehículos y que soporta un flujo diario de 10000 automóviles aproximadamente, garantizando un control de la recaudación, optimizando el retorno de la inversión, obteniendo información estadística de ingresos y al mismo tiempo brindando un servicio eficiente. También son importantes proyectos, que se basan en datos recopilados por sensores ambientales y sociales que se procesan previamente y se analizan mediante técnicas de extracción de datos para determinar información útil, como el estado del flujo de tráfico y los estacionamientos, eventos especiales, y accidentes.

5 CONCLUSIONES

El estacionamiento y la congestión del tráfico son fuentes constantes de frustración para los conductores, comerciantes, empleadores y públicos en la mayoría de las ciudades del mundo; mediante la innovación tecnológica se puede adquirir servicios orientados a la optimización y gestión de estacionamientos más rápidos y económicos hacia una gestión de edificio más eficiente, sostenible y accesible. Por lo consiguiente este trabajo muestra una revisión documental que permitió identificar y evaluar varios estudios de Smart Mobility para el estacionamiento inteligente en edificios, los cuales fueron analizados para la presentación de resultados. Estos demuestran que los estacionamientos inteligentes en edificios son una tendencia que va en aumento y los estudios mostraron que la tecnología puede resolver problemas que requieren conocimientos especializados, fundamentalmente en cuanto al diseño de proyectos tecnológicos que faciliten al usuario la búsqueda de un parqueo que esté disponible dentro del área céntrica y comercial de la ciudad; ya que con la implementación del edificio inteligente de parqueos en conjunto con una aplicación móvil el conductor podrá interactuar garantizando seguridad y rapidez en el estacionamiento de los vehículos, minimizando en cierta medida el congestionamiento y logrando un ahorro de combustible favoreciendo al medioambiente.

REFERENCIAS

- [1] Velázquez, L. (2007). Ciudades digitales: la aplicación sin fin de las TIC. DIRECCIÓN GENERAL DE CÓMPUTO Y DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN - UNAM, 6 (64).
- [2] Zaera, M. V. (2016). Sistema de gestión Urbana Inteligente del Aparcamiento. Madrid: UNIR.
- [3] Prada, F. P., Romera, G. V., Añez, V. F., & Sánchez, J. D. (2018). Movilidad Inteligente. Centro de Investigación del Transporte.
- [4] Macía, F., Berná, J., Sánchez, J., Martínez, A., & Cano, C. (2016). Smart University. San Vicente del Raspeig, Alicante, España: Marcombo.
Recuperado el Marzo de 2020, de <https://web.ua.es/es/smart/smart-mobility-movilidad-urbana.html>.
- [5] D. Herrador, «Sistema de Aparcamiento Inteligente Aplicado a las Smart Cities, » Madrid, 2013.
- [6] C. Erazo y S. Narváez, «Prototipo de Detección de Aparcamientos Libres Mediante Vision Artificial En Un Parqueadero De La Universidad Técnica Del Norte, » Ibarra, 2019.
- [7] Cebrián, I. (2012). Libro Blanco Smart Cities, Primera ed. Bilbao: Enerlis.
- [8] Naciones Unidas. (Diciembre de 2012). Asuntos Económicos y Sociales. Recuperado el 6 de Abril de 2020, de Organización de Naciones Unidas: <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/agenda21sptoc.htm>.
- [9] Papa, E., & Lauwers, D. (2015). Smart Mobility: Opportunity or Threat to Innovate Places and Cities?. REAL CORP 2015, 543-550.
- [10] Brčić, D., Slavulj, M., Šojat, D., & Jurak, J. (2018).
https://bib.irb.hr/datoteka/946193.CETRA2018_1601-1606.pdf.
- [11] Valencia, U. I. (6 de Mayo de 2019): <https://www.universidadviu.com/smart-mobility-concepto-y-principios/>. Recuperado el 6 de Abril de 2020.
- [12] Kitchenham, B., Charters S., Guidelines for Performing Systematic Literature, Tech. rep., Technical report, EBSE Technical, 2007.
- [13] Márquez, M. (Febrero de 2015). Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/9899?show=full>.
- [14] Sinaluisa, D. (2016). Repositorio de la Universidad de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/20571/1/TRABAJO%20DE%20TITULACION%20DAVID%20SINALUISA.pdf>.
- [15] BGH Tech Partner. (2016). BGH TECH PARTNER.
Obtenido de <http://www.bghtechpartner.com/soluciones-iot/estacionamiento-inteligente/>.

- [16] Urbiotica. (2017). Urbiotica. Obtenido de <https://www.urbiotica.com/soluciones-inteligentes-3-es/guiado-de-parking-urbano-2/>.
- [17] Urbiotica. (2017). Urbiotica. Obtenido de <https://www.urbiotica.com/soluciones-inteligentes-3-es/control-del-estacionamiento-regulado/>.
- [18] Intellisoft Parking. (2017). Intellisoft Parking. Obtenido de <http://www.intellisoftparking.com/cms/index.php/productos/guiado>.
- [19] Plus Park. (2017). Plus Park. Obtenido de <https://parkplusinc.com/es/products/automatico-es/>.
- [20] Automotion Parking. (2017). Automotion Parking. Obtenido de <http://automotionparking.com/roboticparking/>.
- [21] Robotic Parking. (2017). Robotic Parking. Obtenido de <https://www.roboticparking.com/rps-100-2/>.
- [22] IEEE Xplore. (2017). IEEE Xplore. Obtenido de <https://ieeexplore.ieee.org/document/7895130>.
- [23] Anastasi, Giuseppe, Michela Antonelli, y Alessio Bechini. «IEEE Explore.» 2013. <https://ieeexplore.ieee.org/document/6685198>.
- [24] Viechnicki, P., Khuperkar, A., Dovey T. and William D., Smart mobility, 2015.
- [25] Chavarro A. M., Bolsa de Características en Imágenes Biomédicas: una Revisión del Estado del Arte.
- [26] Yang, J., Jiang, Y. G., Hauptmann, A. G., Ngo, C. W. Evaluating bag-of-visual-words representations in scene classification, Proceedings of the international workshop on Workshop on multimedia information retrieval. ACM, pp. 197-206, 2007.

Simulación de la dispersión de una nube toxica de amoniaco

[Simulation of the dispersion of a toxic ammonia cloud]

Marco Arturo Arciniega Galaviz¹, Valeria Michelle Vega Atondo², and Raquel López Valenzuela²

¹Departamento Académico de Ingeniería Y Tecnología Universidad Autónoma de Occidente UR Los Mochis, Los Mochis, Sinaloa, México

²Universidad Autónoma de Occidente UR Los Mochis, Los Mochis, Sinaloa, México

Copyright © 2021 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The objective of this research was to determine by means of a computational model the degree and area of affectation implied by the release of a toxic ammonia cloud from a 1000 Kg storage tank. The SCRI-Fire simulator of the company Dinámica was used. Heuristics feeding it with meteorological data from the city of Los Mochis, Sinaloa, physicochemical properties of ammonia and characteristics of the tank. The simulation was carried out in the summer and winter scenarios. As results of the simulation, in case of an ammonia leak, at a distance of 1038.67 meters there would be a concentration of 2500 ppm, which could produce the obstruction of the airways in people and at a distance of 818 meters there would be 5,500 ppm of ammonia, which is fatal to people for an exposure time of 30 minutes. Good management of dangerous substances such as ammonia is necessary, to avoid damage to the health of exposed people and negative effects to the environment, constant training of personnel who handle this dangerous substance is required, and that companies that handle ammonia are They are far from residential areas, and places with a lot of people.

KEYWORDS: Leak, Modeling, Risk, Health, SCRI.

RESUMEN: El objetivo de esta investigación fue determinar mediante la realización de un modelo computacional el grado y área de afectación que implica la liberación de una nube toxica de amoniaco de un tanque de almacenamiento de 1000 Kg. Se utilizó el simulador SCRI-Fuego de la empresa Dinámica Heurística alimentándolo con datos meteorológicos de la ciudad de Los Mochis, Sinaloa, propiedades fisicoquímicas del amoniaco y características del tanque. La simulación se realizó en los escenarios de verano e invierno. Como resultados de la simulación, en caso de una fuga de amoniaco, a una distancia de 1038.67 metros se tendría una concentración de 2500 ppm, lo cual pudiera producir la obstrucción de las vías aéreas en las personas y a una distancia de 818 metros se tendría 5,500 ppm de amoniaco, lo cual es fatal para las personas para un tiempo de exposición de 30 minutos. Es necesario un buen manejo de sustancias peligrosas como es el amoniaco, para evitar daños a la salud de las personas expuestas y efectos negativos al ambiente, se requiere la capacitación constante del personal que maneje ésta sustancia peligrosa, y que las empresas que manejen amoniaco se encuentren alejadas de zonas habitacionales, y lugares de mucha concurrencia de personas.

PALABRAS-CLAVES: Fuga, Modelación, Riesgo, Salud, SCRI.

1 INTRODUCCIÓN

El amoniaco es la tercera sustancia química más producida en el mundo y su uso es el más frecuente en las actividades agrícolas e industriales [1]. Es el cimiento para la aportación de nitrógeno como nutriente en los cultivos ya que posee el mayor porcentaje de éste nutriente en comparación a otros fertilizantes nitrogenados [2]. El transporte, almacenamientos y uso debe realizarse tomándose en cuenta medias de seguridad de lo contrario podría estar relacionado en una gran variedad de eventos toxicológicos y afectar la salud de las personas y el ambiente.

El amoniaco es una de las sustancias que más daños ha provocado en la salud humana, debido a los constantes accidentes por explosión o derrames dejando víctimas con lesiones graves inclusive mortales. A pesar de la importancia que tienen por las diversas aplicaciones que se le otorga, es necesario reconocer las propiedades de estas sustancias ya que representan un riesgo, tanto para la salud humana como para el medio ambiente. Por consecuencia dada la peligrosidad asociada a estas sustancias, se requiere de una atención y serie de análisis para su utilización y manejo [3].

Debido a que el estado de Sinaloa se practica una agricultura altamente tecnificada y el uso de agroquímicos es en grandes cantidades, entre ellos el amónico, el paquete tecnológico de maíz incluye en la fertilización 300 kg por hectárea de amoniaco anhidro [4]. En el año 2020 la superficie de hectáreas sembradas de maíz en el estado de Sinaloa fue de 311,676 [5], por lo que implica el uso de amoniaco es en grandes cantidades.

Por un mal manejo de amoniaco ya sea en el transporte, almacenamiento o uso, se generan accidentes con diferentes niveles de daños a la salud de las personas y ambiente, en el estado de Sinaloa, municipio de Guasave se registró una fuga de 5 toneladas de amoniaco, se evacuaron a más de 3 mil 604 persona para evitar que ocurriera una tragedia sobre la población, ya que el gas formó una nube muy extensa sobre las comunidades cercanas [6].

En Culiacán, Sinaloa, se registró un accidente en una espuela de ferrocarril, según investigaciones el carro de cisterna que descargaba el gas en un furgón de ferrocarril presentaba una fisura provocada por un golpe en la costura de 20 centímetros por donde libero grandes volúmenes de amoniacos. El hecho tuvo consecuencias graves ya que se presentaron dos muertos, 58 intoxicados y 800 familias desalojadas de nuevas colonias y tres núcleos ejidales [7].

En industrias frutícola, una mujer de 26 años, se encontró expuesta a altas concentraciones de NH_3 (sobre 1.720 ppm) por 15 minutos al romperse un tubo de refrigeración, ésta persona presentó insuficiencia respiratoria aguda grave con obstrucción de la vía aérea alta y baja e insuficiencia renal aguda [1].

Ante todos estos posibles accidentes es de fundamental importancia llevar a cabo análisis de riesgos, observar los procesos y procedimientos de trabajo, para considerar todos aquellos posibles riesgos a los que se encuentran expuestos los trabajadores, ambiente y la sociedad.

Es necesario determinar mediante una simulación de modelos computacionales el grado y área de afectación que implica un derrame y dispersión de una nube toxica de amoniaco.

2 MATERIALES Y METODOS

Para ésta investigación se realizó una revisión documental de manera sistemática de artículos científicos nacionales e internacionales dentro de revistas y libros científicos con los siguientes principales descriptores conceptuales: amoniaco, riesgo ambiental, daños a la salud y ambiente del amónico, accidentes con amoniaco, datos climatológicos, entre otros.

Con el objetivo de determinar las áreas de afectación en caso de la fuga de amónico, se utilizó el simulador elaborado por la empresa Dinámica Heurística, el sistema SCRI-FUEGO es un programa para efectuar la simulación en computadora de las consecuencias de diferentes eventos, entre ellos se pudo simular la fuga de sustancias químicas que forman una nube toxica. Para hacer la simulación se toman los datos climatológicos como temperatura, precipitación, velocidad del viento y humedad, estos datos fueron registrados en el norte de Sinaloa.

El simulador fue instalado en una computadora de escritorio y se alimentó con los siguientes datos:

- Nombre de la sustancia química: Amoniaco Anhidro
- Concentraciones de interés: 50, 300 y 500 partes por millón
- Masa de la sustancia por liberar: 1000 kilogramos

Datos del tanque:

- Volumen: 1466 litros
- Tipo de tanque: Cilíndrico horizontal
- Dimensiones: 3 metros de largo y 80 centímetros de diámetro

Datos climatológicos:

Para la simulación se plantearon dos escenarios, uno para verano e invierno, los datos climatológicos se obtuvieron de la base de datos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) [8].

Escenario de verano:

- La temperatura promedio va desde los 32°C o en repetidas ocasiones excede a una máxima de 37°C temperatura promedio al día.
- La velocidad y dirección de los vientos en los meses de julio y agosto se presenta entre los 0.2 km/h a 11.8 km/h en todo el transcurso del mes con dirección predominante del sur.
- En el mes de julio y agosto se puede presentar una humedad entre 83% a un 98% en el transcurso del mes.

Escenario de invierno:

- Las condiciones climáticas en invierno varían conforme los días, se pueden presentar temperaturas desde los 2°C la más baja y una máxima de 25°C.
- La velocidad y dirección del viento disminuye drásticamente permaneciendo en un margen de 0.2 km/h a 12.9 km/h con dirección del norte en ambos meses.
- La dirección del viento en el mes de septiembre a octubre es predominante de lado Oeste y en noviembre es predominante del Norte.

Después de alimentados los datos al simulador, se ejecutó la opción de emisión de evaporación por un derrame, obteniendo por lo tanto como resultado las áreas de afectación y sus concentraciones correspondientes.

Una vez generados los resultados en el simulador se realizó un análisis para determinar que concentraciones prevalecen a diferentes distancias y las posibles consecuencias a la salud de las personas y daños al medio ambiente.

3 RESULTADOS Y DISCUSIONES

Como resultados se muestran las diferentes concentraciones de amoníaco a sus correspondientes distancias, se presentan para los escenarios de verano e invierno considerando que las condiciones climatológicas son diferentes para el área de estudio.

Los resultados de la simulación realizada de la nube toxica de amoníaco muestra que los radios de afectación varían debido a las condiciones climatológicas de cada época del año (verano e invierno). Las direcciones del viento en verano predominan los vientos de sur a norte y en invierno predominan los vientos de norte a sur, por lo tanto la nube toxica de amoníaco es transportada a lugares diferentes dependiendo de la época del año en que se produce la liberación.

Las personas que se encuentren a una distancia de 732 metros y quedan expuestas por 5 minutos (Tabla 1), podría producirles la muerte ya que la concentración letal del amoníaco para humanos es de 5000 partes por millón [9]. Concentraciones por encima de 700 ppm causan severas irritaciones en los ojos, hemorragias e hinchazón, y si no es tratado inmediatamente, puede llevar a pérdidas parciales o totales de la vista [10].

Tabla 1. Concentración de amoníaco a diferentes distancias desde su liberación en verano

Concentración (partes por millón)	Distancia (metros)
1000	1410.32
2500	1025.97
3000	871.09
5000	732

Para el caso del escenario de invierno los efectos a la salud como muerte de las personas por exposición a amoníaco por 5 minutos se presenta a una distancia de 818 metros, siendo ligeramente mayor a la distancia del escenario de verano. A una distancia de 1502 metros las personas pueden experimentar edema pulmonar, tos o espasmo de las cuerdas vocales que dificulta temporalmente el hablar o respirar (Tabla 2).

Tabla 2. Efectos a la salud de las personas para diferentes concentraciones de amoniaco

Concentración (partes por millón)	Efectos a la salud
50	Irritación leve de ojos, nariz y garganta luego de 2 horas de exposición.
250	Irritación de ojos y tracto respiratorio, luego de 30 a 60 minutos de exposición
700	Irritación inmediata de ojos y garganta
>1500	Edema pulmonar, tos, laringe espasmo
2500-4000	Fatal después de 30 minutos de exposición
5000-10000	Fatalidad rápida

Las concentraciones a las que la mayoría de las personas comenzarán a experimentar efectos sobre la salud si se exponen a una sustancia química peligrosa en el aire durante 1 hora, para el caso de amoniaco son de 1500 partes por millón [11]. Personas sensibles, como personas mayores, enfermos o muy jóvenes, pueden experimentar efectos adversos en concentraciones por debajo de los valores del gradiente de concentración del amoniaco. De acuerdo a los resultados, las personas que se encuentre entre las distancias de 1038.67 y 817.97 metros pueden empezar a experimentar daños a su salud (Tabla 3).

Tabla 3. Concentración de amoniaco a diferentes distancias desde su liberación en invierno

Concentración (partes por millón)	Distancia (metros)
1000	1502
2500	1039
3000	993
5000	818

Aunque se observan en los resultados diferencias en las distancias para las mismas concentraciones para los escenarios de verano e invierno, estas diferencias no son grandes, por lo que los datos climatológicos alimentado al simulador que generan diferencias significativas para los dos escenarios.

En la figura 1, se muestran tres diferentes concentraciones de amoniaco, siendo la de color rojo la zona de más riesgo, ya que está más cercana al tanque que es la fuente de emisión de la nube toxica, significa que las personas que se encuentran dentro de un radio de 818 metros por más de 5 minutos, pueden morir de una manera rápida.

Dependiendo de la dirección del viento será el sentido que tomará la nube toxica de amoniaco, las concentraciones cerca del tanque son mayores a las concentraciones más alejadas del mismo, conforme avanza la nube se va diluyendo en el aire y por lo tanto bajando su concentración (Figura 1). En lugares donde la velocidad del viento es alta, la dispersión de la nube toxica se hace de una manera más rápida, diluyéndose en el aire, pero en lugares donde existe una alta estabilidad atmosférica o se encuentra rodeado de barreras naturales como montañas el movimiento de la nube toxica es lenta y tarda más tiempo en disolverse en el aire, estas condiciones de estabilidad aumenta el riesgo de intoxicación en las personas que están expuestas.

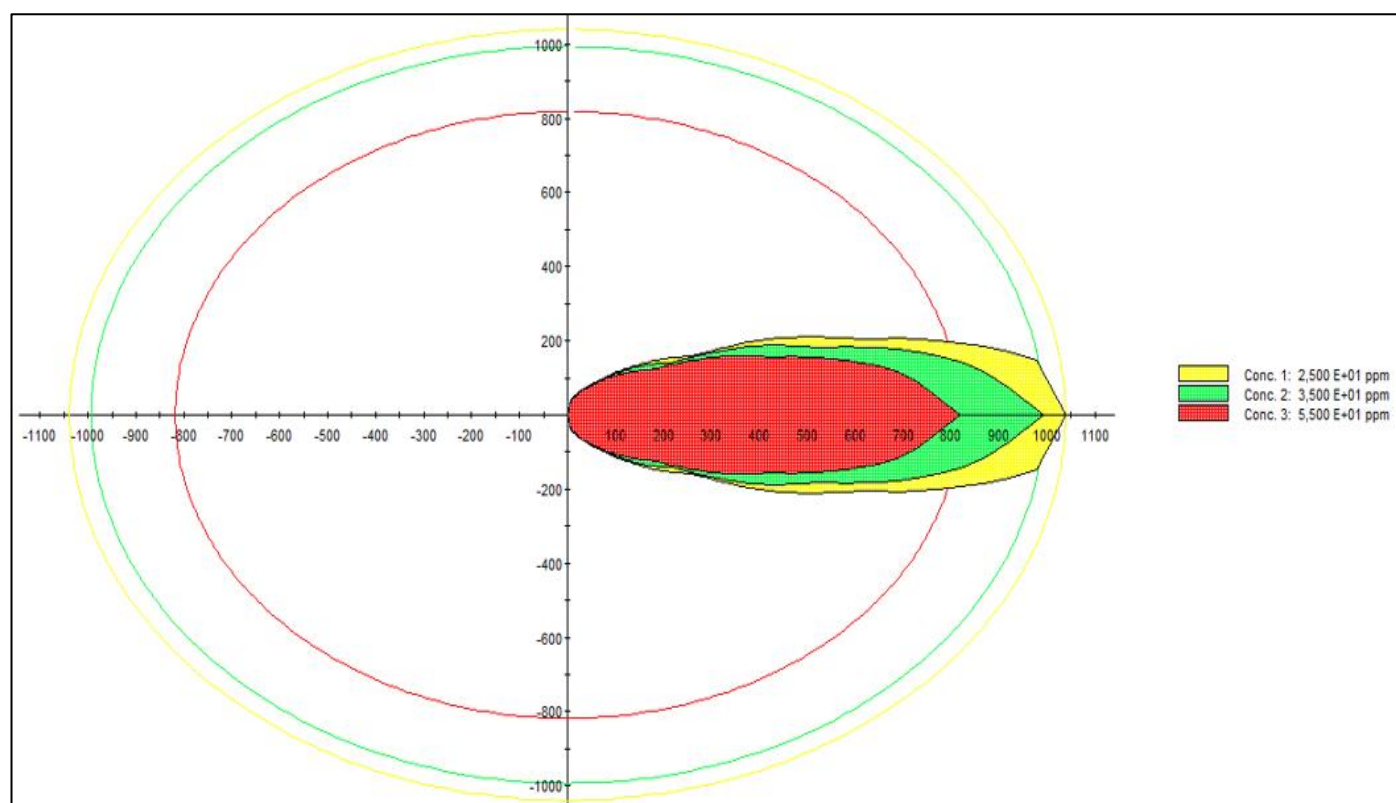


Fig. 1. Diagrama de las concentraciones de amoníaco a diferentes distancias para el escenario de invierno

4 CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el modelo de nube toxica por derrame de amoníaco, y debido a las condiciones climáticas que se presentan en épocas de verano e invierno, el grado y área de afectación muestra diferentes comportamientos. Sin embargo, de manera general considerando cualquier época del año, las consecuencias que implica un evento de éste tipo hacia la sociedad siempre serán de alto riesgo para la salud pública.

Debido que a concentraciones de 50 partes por millón se empiezan a tener efectos a la salud de las personas, una fuga de amoníaco representa un grave problema para la salud de las personas que están expuestas, es por eso que las empresas que manejan, transportan, almacenan o hacen uso de amoníaco no deben estar colindantes a centros poblacionales, o lugares donde concurren personas por el riesgo que representa esta sustancia química peligrosa.

En el caso del estado de Sinaloa donde el uso de fertilizantes a base de amoníaco es en grandes cantidades, las empresas del giro agropecuario que manejan amoníaco deben de realizar simulaciones dentro de sus estudios de riesgo para conocer el alcance que tendría un derrame de amoníaco, identificar las colindancias de la empresa y principalmente donde existen personas y pudieran verse afectados. Contar con programa interno de protección civil, en el que se estipulen los procedimientos para controlar una fuga, de igual manera se den primeros auxilios a las personas intoxicadas y se haga la evacuación del personal que labora en la empresa.

Es importante que las autoridades competentes sigan haciendo su trabajo de inspección a las empresas que manejan amoníaco para verificar las instalaciones, programas de capacitación y simulacros, programas de mantenimiento y todas las medidas de seguridad inherentes al manejo de amoníaco.

RECOMENDACIONES

Debido a la impotencia de un buen manejo de sustancias peligrosas como es el amoníaco, es necesario considerar las siguientes recomendaciones:

- Elaborar y dar a conocer los procedimientos para un manejo seguro del amoniaco, por medio de capacitación al personal y realización de simulacros.
- Elaborar y llevar a cabo una lista de verificación de las instalaciones donde se maneje amoniaco con la finalidad de poder detectar posibles riesgos de fuga o derrames.
- Formar un comité interno de protección civil con personal de la empresa, en el cual se designen las funciones de cada uno dentro del comité.
- Contar con equipo de protección personal que sea apto y que cumpla con las especificaciones para controlar fugas de amoniaco.
- Elaborar y llevar a cabo un programa de mantenimiento a las instalaciones y equipos que manejen amoniaco en la empresa.
- Contar con la señalética que marca la NOM-026-STPS-2008 para empresas que manejan sustancias químicas peligrosas.
- Realizar y mantener actualizado el estudio de riesgo en las empresas con la finalidad de identificar los riesgos empleando alguna metodología, así como proponer todas las salvaguardas posibles y poder de esta manera reducir al mínimo la posibilidad de una fuga y/o derrame de amoniaco.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue realizada con la ayuda de las alumnas Valeria Michelle Vega Atondo y Raquel López Valenzuela como parte de sus tesis de licenciatura en Ingeniería Ambiental, para realizar la simulación se utilizó el software Scri Fuego [12] de la empresa Dinámica Heurística el cual fue adquirido por la Universidad Autónoma de Occidente unidad regional Los Mochis. Se agradece a la Universidad por el apoyo que siempre brinda a sus alumnos para llevar a cabo las investigaciones que enriquecen el conocimiento de los alumnos.

REFERENCIAS

- [1] M. Gutierrez, C. Mercados, B. Torrealba, S. Whittle, W. Samaniego y M. Antolini, "Salud ocupacional- inhalacion masiva de amoniaco". Revista Chil Enf Respir, no. 30, pp 95-99, (2014).
- [2] International Plant Nutrition Institute (IPNI). Fuentes de nutrientes especificos (2019).
[Online] Disponible en www.ipni.net/specifcs. (Abril de 2019).
- [3] M. Yarto, I. Ize, A. Gavilán, "El universo de las sustancias químicas peligrosas y su regulación para un manejo adecuado". Gaceta Ecológica, no. 69, pp-57-68 (2003).
- [4] Torres, E. Luz Noticia "Evacuan a 3 mil 604 personas tras fuga de amoniaco en Guasave" (2018).
[Online] Disponible en <https://www.luznoticias.mx/multimedia/evacuan-a-3-mil-604-personas-tras-fuga-de-amoniaco-en-guasave/53283>.
- [5] Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Avance de Siembras y Cosechas-Resumen por estado (2020).
[Online] Disponible en http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do.
- [6] D. Cruz, J.A. Leos, "La producción de maíz en Sinaloa, México, y sus implicaciones para el medio ambiente". Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales, no. 25, pp. 100-118, (2018).
- [7] J. C. Martinez, El universal, "Fuga de gas de amoniaco mata a dos en Sinaloa" (2006).
[Online] Disponible en <https://archivo.eluniversal.com.mx/estados/62312.html>.
- [8] Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Sistema Nacional Meteorológico. (2019).
[Online] Disponible en <https://smn.conagua.gob.mx/es/>
- [9] Asociación de Exportadores de Frutas de Chile A.G. Guía de uso y manejo de amoníaco en la refrigeración de frutas y hortalizas frescas: plan de emergencias. (2012).
[Online] Disponible en https://www.asoex.cl/images/documents/otros/guia_amoniaco_julio.pdf.
- [10] Pequivan-Monomeros, Hoja de datos de seguridad del material (2008).
[Online] Disponible en <http://www.monomeros.com/descargas/hsamoniaco.pdf>.
- [11] Office of response and restoration. Emergency Response Planning Guidelines (ERPGs) (2019).
[Online] Disponible en <https://response.restoration.noaa.gov/oil-and-chemical-spills/chemical-spills/resources/emergency-response-planning-guidelines-erpgs.html>.
- [12] Dinamica Heurista, SCRI Fuego. (2021).
[Online] Disponible en <http://www.dinamicaheuristica.com/es/software/scrifi20fuego>.

Las habilidades metacognitivas en el desarrollo del aprendizaje autorregulado en los estudiantes de la Educación Superior

[Metacognitive skills in the development of self-regulated learning in higher education students]

Mabel Elizabeth Barriga Pizarro¹, Silvia María Balón Pinillo², Hillary Marissa Torres Ruiz³, María Clemencia Balseca Córdova³, and Raquel Aracely Asunción Parrales⁴

¹Jefa de la Unidad de Trabajo Social del Departamento de Bienestar Institucional, Instituto Superior Tecnológico « Juan Bautista Aguirre », Magister en Contaduría Pública, Daule, Ecuador

²Departamento de Docencia de Ciencias Sociales, Unidad Educativa de FF. AA « Liceo Naval de Guayaquil, Cmdte. Rafael Andrade Lalama », Licenciada en Ciencias de la Educación, Guayaquil, Ecuador

³Centro de Idiomas, Instituto Superior Tecnológico « Juan Bautista Aguirre », Licenciada, Daule, Ecuador

⁴Gestora del Departamento de Prácticas, Instituto Superior Tecnológico « Juan Bautista Aguirre », Ingeniería en sistemas e informática, Daule, Ecuador

⁵Gestora del Departamento de Vinculación con la Sociedad, Instituto Superior Tecnológico « Juan Bautista Aguirre », Ingeniera Comercial, Daule, Ecuador

Copyright © 2021 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: Metacognition is a multifaceted conception, generated during educational investigations, mainly carried out during class experiences. This analysis has been handled under certain characteristics considered traditional until the situation generated by Covid-19. This work analyzes the relationship between metacognition and self-regulated learning in higher education students, through the analysis of the role that metacognitive skills have in the development of self-regulated learning in higher education students, through the study of the role of metacognitive skills in higher education. the development of self-regulated learning processes, during the 2020-2021 school period in which classes were taught in a virtual environment. The work was carried out with 50 volunteer students of the second and fourth cycle of an important higher education center, through systematic observation, and the application and analysis of a survey, it was concluded that metacognitive skills play an important role at the higher level. education students, through planning, monitoring and evaluation.

KEYWORDS: Metacognition, education, students, development, university.

1 INTRODUCCIÓN

La metacognición es un tema que ha obtenido gran importancia en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Actualmente existen varios docentes que han adoptado esta teoría como metodología de enseñanza. Su descomposición etimológica viene de meta que proviene del prefijo griego que significa “más allá” y cognición del latín cognoscere que significa “conocer”. La metacognición, en general se entiende como “pensar sobre el pensamiento” (Cheng, 1993 citado en Klingler & Vadillo, 2000: 84).

Durante mucho tiempo, los docentes han planificado las actividades de aprendizaje con el mayor cuidado posible, siempre considerando las habilidades básicas que los estudiantes necesitan para poder desenvolverse en el cambiante mundo de las información y los métodos de hoy, donde cada vez se hace inevitable estar dotados de las estrategias y habilidades eficaces que le permitan una adaptación y desenvolvimiento proactivo; es decir, los docentes organizan la actividad de aprender; promoviendo a través de su gestión en el aula, un nivel de formación que no contempla solamente cantidad de conceptos, sino un alto grado de conciencia de lo que se

aprende. No obstante, la educación adquiere un desarrollo superior cuando logra que la misma persona que aprende, sea consciente de ese desarrollo, cumpliéndose de esta manera una de las finalidades de la enseñanza, la consecución de la autonomía; por eso a partir de los últimos años los fundamentos teóricos que orientan la educación y la elaboración de la mayoría de los diseños curriculares que se aplican actualmente, persiguen que los estudiantes participen de un tipo de aprendizaje que colabore a desarrollar procesos de aprendizaje

Después de muchos años y de arduos trabajos para desarrollar los procesos de aprendizaje autorregulado en las instituciones educativas los estudiantes de educación superior evidencian las características de procesos de autorregulación que han obtenido producto del aporte de diversos factores, que interrelacionados unos con otros, contribuyen y dan cuenta de la complejidad que implica la actividad de aprender. Entre esos factores que aportan al desarrollo de procesos de aprendizaje autorregulado se encuentra la metacognición, que es el proceso mental que de acuerdo con [2] citado por Lacasa y Herranz (1995) "se refiere al conocimiento de uno mismo respecto de los propios procesos cognitivos y sus productos o cualquier cosa relacionada con ellos, por ejemplo, las propiedades de la información o los datos relevantes para el aprendizaje". Expresado de otro modo, este proceso se caracteriza por el desarrollo de una toma de conciencia o autoconciencia de los procesos cognitivos, a través de un constante reflexionar sobre el propósito por el cual se adquieren los conocimientos.

Algunos autores constructivistas han coincidido en describir el aprendizaje como un acto social. Vygotsky (1978), por ejemplo, manifiesta que la zona de desarrollo próximo es la distancia que hay entre el potencial que un estudiante tiene para resolver un problema solo y el potencial que podría tener con la guía de una persona más capaz. Este autor ejemplifica lo anteriormente dicho comparando dos alumnos, uno que ha resuelto un problema con la asistencia de alguien más y otro que ha trabajado solo. Según Vygotsky (1978), el primero puede desarrollar problemas más complejos que el segundo.

El aprendizaje en colaboración es una práctica que se basa en principios constructivistas, ya que esta práctica pedagógica percibe el aprendizaje como un acto social, en donde el aprendizaje previo es tomado en cuenta. El aprendizaje en colaboración es una práctica que puede ayudar a los estudiantes a aprender con sus pares, ya que da la posibilidad de comparar diferentes puntos de vista sobre un mismo tema. Según Savery y Duffy (1996), los grupos que trabajan en colaboración. Algunos autores piensan que los ambientes constructivistas dan oportunidades a los estudiantes para reflexionar sobre lo que han aprendido y cómo lo han aprendido.

Los investigadores clasificaron las intervenciones de los participantes en funciones metacognitivas y transactivas. Entre las metacognitivas encontraron nuevas ideas que daban los estudiantes sobre cómo resolver los problemas que el profesor les daba, evaluación de las estrategias utilizadas e intervenciones para mostrar la comprensión o para dar el resultado del problema que tenía que resolver.

Las transactivas eran las funciones de monitoreo, como por ejemplo preguntas y respuestas a ellos mismos, pedir retroalimentación, críticas a las estrategias utilizadas por uno de sus compañeros, monitorear la comprensión de las ideas de los compañeros y pedir explicación.

Otro de los puntos más importantes eran las fuentes que los estudiantes utilizaban en las discusiones con sus pares, entre éstas se encontraban: los objetivos de aprendizaje y las entradas del diario, esto ayudaba a mantener el aprendizaje del estudiante relacionado a sus proyectos. Los estudiantes seleccionaban a otro alumno con el fin de hacer equipos que les posibilitará hacer entrenamiento de pares.

Por lo expuesto el objetivo de este trabajo es analizar el rol que las habilidades metacognitivas tienen en el desarrollo del aprendizaje autorregulado en los estudiantes de Educación Superior; se comprende como habilidad el dominio de una acción que se produce por la constante puesta en práctica de los patrones que regulan la acción que se realiza, y como habilidad metacognitiva al dominio de una acción que implica el control, toma de conciencia y la atención dirigida de los individuos al conocimiento de los procesos cognitivos utilizados para conocer.

La conclusión final de los investigadores de este estudio, es que las experiencias que afrontaron los participantes en esta interacción eran en toda su esencia metacognitivas, ya que requerían que los aprendices pensarán y planearán constructivamente y mostrarán su conocimiento de una forma efectiva.

Anteriormente se han realizado investigaciones sobre la importancia de estas habilidades de los procesos de aprendizaje, abordando diferentes aspectos tales como procesos, influencia, estrategias, entre otros; en este trabajo se centrará la atención en la manera en que las habilidades metacognitivas actúan en los estudiantes de Educación Superior para que desarrollen procesos de aprendizaje autorregulado, durante la pandemia del covid-19.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

El tipo de investigación que se realizó fue cuantitativa descriptiva, para la cual se seleccionaron 50 estudiantes voluntarios de educación superior, entre los 18 y 35 años de edad correspondientes a clases virtuales de un instituto superior de la ciudad de Guayaquil; se investigó una encuesta cerrada diseñada de acuerdo con la escala de Likert, que estuviera conformada por enunciados de conducta

observable que describieran procesos de habilidades metacognitivas, que no requieran de la supervisión docente durante la jornada del trabajo académico, sino que describieran la manera en la que los estudiantes proceden para realizar su actividad diaria de aprendizaje, “Una conducta observable es el comportamiento de una persona frente a un hecho determinado” [1]; se obtuvo esta encuesta en el documento “Validación de un Instrumento sobre Metacognición para Estudiantes de Segundo Ciclo de Educación General Básica” recuperado de la Revista Estudios Pedagógicos [3]. Esta encuesta consideró seis aspectos sobre los cuales se obtendrían los datos relacionados con el rol de la metacognición en el desarrollo de aprendizajes autorregulados en los estudiantes de Educación Superior: conocimiento, control, planificación, experiencias, evaluación y estrategias; se supervisó que los enunciados que describían las conductas observables estuvieran formulados de manera positiva, es decir que expresaran una manera de actuar característica de poseer procesos metacognitivos, para que cuando cada participante leyera el enunciado determinara a través de las opciones de respuesta si actuaba o no de esa manera. Se reformuló aquellos enunciados que no cumplían con esa condición. La encuesta constó con un total de treinta y tres enunciados, los mismos que se detallan a continuación:

ASPECTO DEL CONOCIMIENTO

- Es bueno descomponer un problema en problemas más pequeños para resolverlo
- Yo pienso en diversas maneras para resolver un problema y luego escojo la mejor
- Yo imagino el problema para decidir cómo resolverlo
- Yo decido lo que necesito hacer antes de comenzar una tarea
- Sé qué pasos debo seguir para resolver un problema
- Voy revisando los objetivos para saber si los estoy logrando
- Lo que aprendo me debe servir para comprender otras cosas
- Sé que aprendí cuando puedo explicar otros hechos
- Me puedo dar cuenta que no aprendí

ASPECTO CONTROL

- Cuando voy a comenzar una tarea me pregunto qué quiero lograr
- Me propongo objetivos con cada tarea
- Me pregunto si lo estoy haciendo bien
- Controlo el tiempo para saber si terminaré todo mi trabajo en clases
- Cuando termina la clase me pregunto si pude poner atención a lo importante
- Para comprender más leo y vuelvo a leer
- Yo necesito leer más lento cuando el texto es difícil

ASPECTO PLANIFICACIÓN

- Yo creo que es bueno diseñar un plan antes de comenzar a resolver una tarea
- Cuando no sé lo que significa una palabra la paso por alto
- Me siento más seguro (a) si planifico algo antes de hacerlo

ASPECTO EXPERIENCIAS

- Para mí no es difícil poner atención en clases
- A mí me resulta más fácil que a mis compañeros aprender matemáticas
- Yo sé que mi memoria es frágil por lo que se me olvidan algunas cosas
- No me distraigo con facilidad en clases
- Si aprendo de memoria se me olvida fácilmente

ASPECTO EVALUACIÓN

- Me molesta no entender en la clase
- Cuando tengo un error me gusta saber cuál es
- No me gusta quedar con dudas en una clase
- Cuando me saco una mala nota trato de mejorarla después
- Yo confío en lo que soy capaz de aprender
- Yo me preocupo de saber si aprendí

ASPECTO ESTRATEGIAS

- Yo subrayo porque así aprendo más fácilmente
- A mí se me hace más fácil recordar subrayando
- Si no entiendo algo prefiero preguntarles a mis compañeros

Las respuestas de opción múltiples para responder a estos enunciados fueron conformadas por cinco niveles de descripción relacionadas al grado de acuerdo o desacuerdo que el encuestado pensara que se ajustaba a su realidad personal: totalmente de acuerdo; de acuerdo; neutral, en desacuerdo totalmente en desacuerdo. A cada uno de estos niveles de descripción se les otorgó un valor que iba entre 1 a 0 puntos, establecida la tabla de valores de la siguiente manera: Totalmente de acuerdo, 1 punto; de acuerdo 0,75 puntos; neutral 0,50 puntos; en desacuerdo, 0,25 puntos; totalmente en desacuerdo, 0 puntos. El máximo valor de 1 punto correspondió al nivel que contenía más alto grado en que los encuestados podían manifestar de estar de acuerdo que esa conducta observable estaba presente en ellos y el mínimo valor de 0 puntos, correspondió al nivel que contenía el menor grado en que los encuestados podían manifestar de estar de acuerdo.

Se aplicó esta encuesta a los 50 estudiantes de educación superior en un importante centro de estudios de la ciudad de Guayaquil. El análisis de los resultados de la encuesta aplicada a los 50 estudiantes voluntarios, de 18 y 35 años de edad se estableció sobre la base de las elecciones de los encuestados voluntarios, suponiendo que cada uno de los estudiantes encuestados seleccionaron aquellas opciones que presumieron describían de forma más adecuada una afirmación que se hacía sobre cada una de las treinta y tres conductas observables que evidenciaban habilidades metacognitivas podrían estar presentes o ausentes al momento de realizar acciones en su aprendizaje.

Se realizó un control para lo cual se seleccionaron 50 estudiantes voluntarios de Décimo Grado de Educación General Básica, de entre 14 y 15 años de edad, que obtuvieron buen rendimiento durante el primer periodo académico 2020-2021 y se les aplicó la misma encuesta cerrada. Se debe mencionar que los participantes de esta encuesta fueron producto del registro de observaciones sistemáticas que se realizaron durante dos meses, las que por las medidas adoptadas por la pandemia del covid-19 incluyeron: el tiempo de entrega de las actividades, el nivel de participación durante las clases virtuales y la frecuencia con la que los estudiantes se comunicaban mediante las plataformas virtuales oficiales de la institución para preguntar u ofrecer sus puntos de vista sobre los temas estudiados. El propósito de aplicar las encuestas de control fue tener información que permitiera examinar si el fenómeno estudiado mantenía las mismas características o se presentaba de manera diferente en otro escenario.

El análisis de los resultados de las encuestas del control se efectuó siguiendo el mismo método seleccionado para el análisis de las encuestas aplicadas a los estudiantes de Educación Superior.

3 RESULTADOS

Lo resultados muestran el resumen de los datos obtenidos en cada uno de los aspectos considerados en la encuesta. No obstante, se han registrado figuras de algunos datos provenientes de alguna conducta observable que evidencian habilidades de metacognición en particular, por considerársela necesaria para la discusión

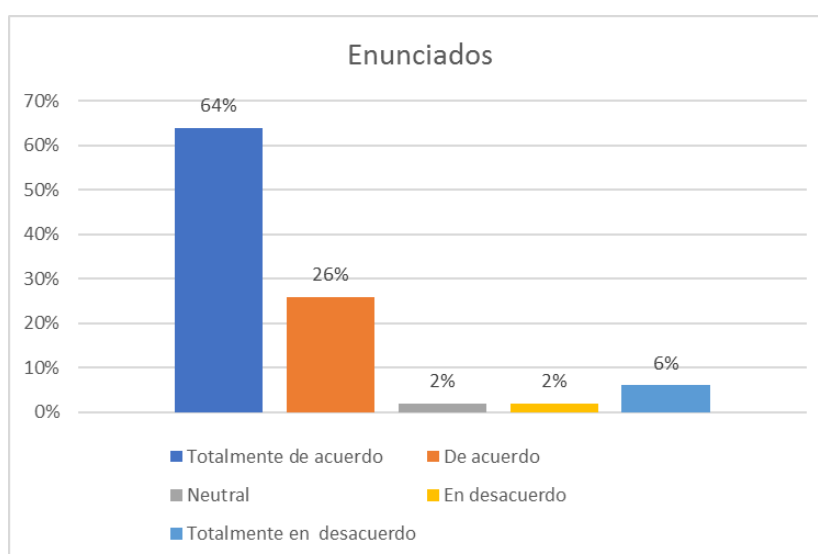


Fig. 1. Muestra los datos condensados de la encuesta cerrada aplicada para la investigación a los estudiantes de educación superior, de entre 18 y 35 años de edad

En la información condensada de la encuesta que se observa en la **figura 1**, el 64 % de los encuestados de educación superior, de entre 18 y 35 años de edad, prefirieron la opción totalmente de acuerdo a cada uno de los enunciados de conducta observable que implican metacognición, el 26 % eligieron la opción de estar de acuerdo; a pesar de tener cinco opciones de respuestas estos dos descriptores fueron los más seleccionados por los estudiantes de educación superior para responder la encuesta; hay un porcentaje similar entre los que conservaron una posición neutral y estar en desacuerdo el 2 % en cada caso y el 6 % expresó estar totalmente en desacuerdo.

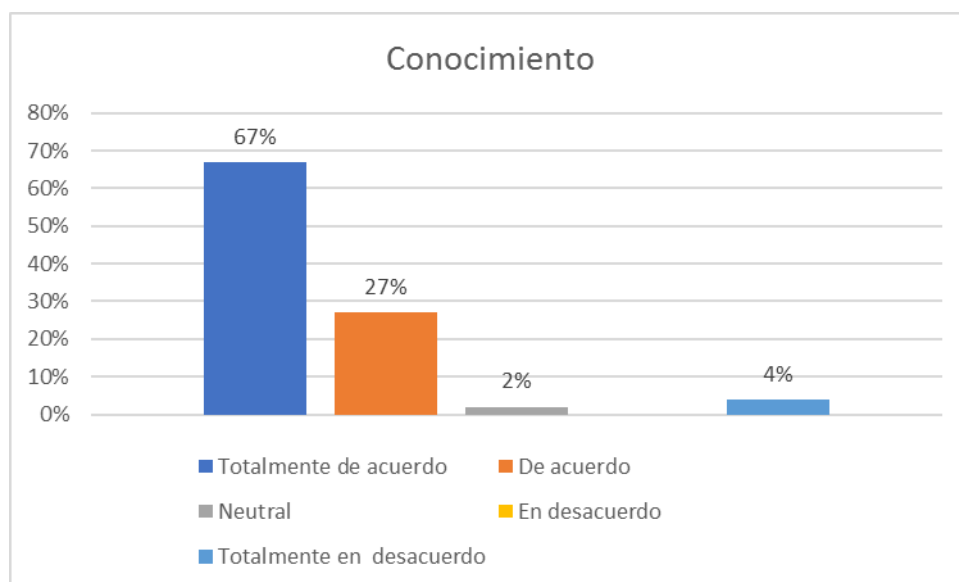


Fig. 2. Muestra datos condensados de respuestas sobre las conductas observables del aspecto conocimiento

Las respuestas obtenidas sobre las nueve conductas observables correspondientes al aspecto conocimiento, están resumidas en la **figura 2**. El 67 % de los encuestados se mostraron a favor de la opción estar totalmente de acuerdo, el 27 % optó por estar de acuerdo, el 2 % seleccionó neutral, el 0 % eligió estar en desacuerdo y el 4 % manifestó estar totalmente en desacuerdo con lo que describía el enunciado

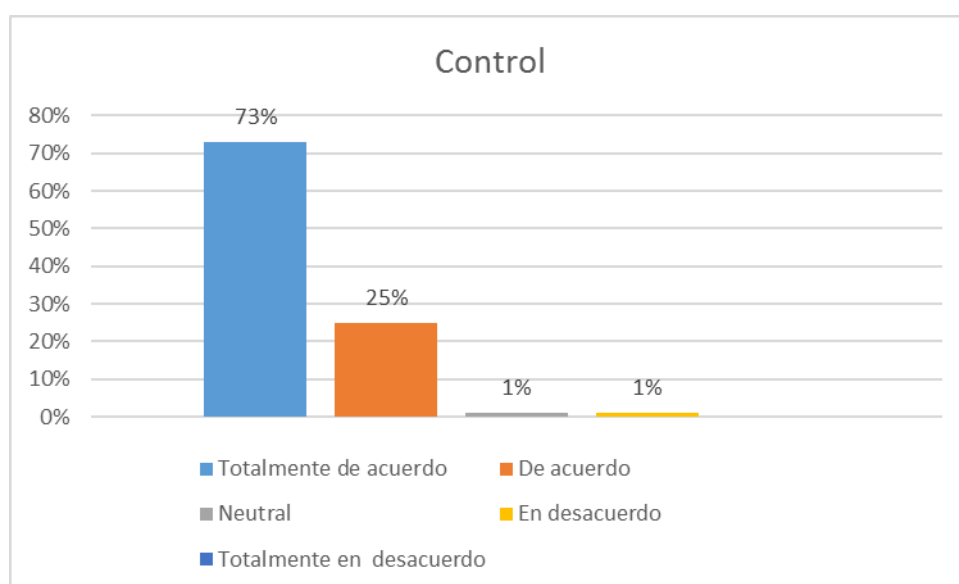


Fig. 3. Muestra datos condensados de respuestas sobre las conductas observables del aspecto control

Las respuestas obtenidas sobre las siete conductas observables correspondientes al aspecto control, están resumidas en la **figura 3**; el 73 % de los encuestados seleccionaron estar totalmente de acuerdo, el 25 % eligió estar de acuerdo, el 1 %, neutral, el 0 % expresó estar en desacuerdo y el 1 % se decidió por estar totalmente en desacuerdo con lo que describía el enunciado.

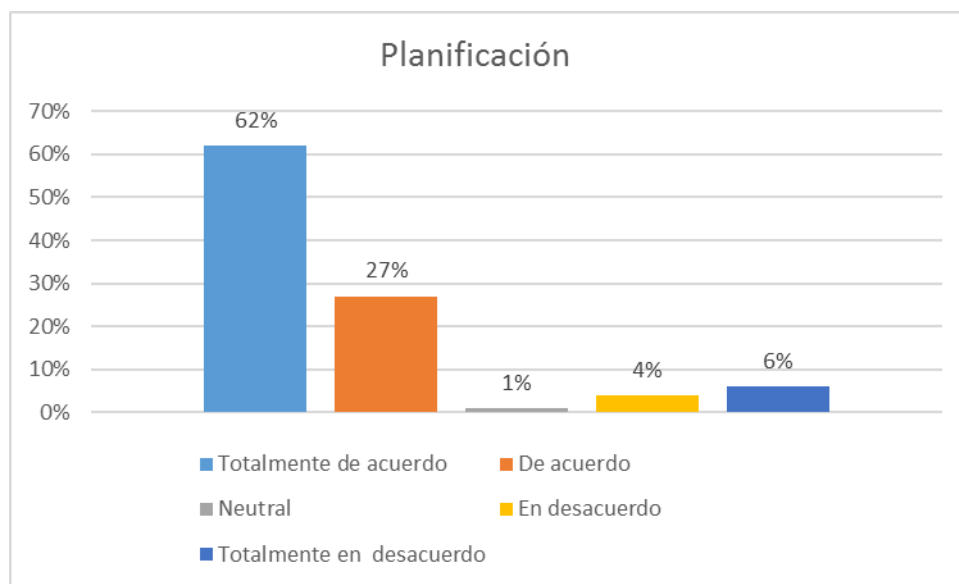


Fig. 4. Muestra datos condensados de respuestas sobre las conductas observables de planificación

Los resultados de la encuesta sobre las tres conductas observables que evidencian metacognición correspondientes al aspecto planificación, están resumidas en la **figura 4**. El 62 % de los encuestados se mostraron a favor de la opción estar totalmente de acuerdo, el 27 % optó por estar de acuerdo, el 1 % seleccionó neutral, el 4 % eligió estar en desacuerdo y el 6 % manifestó estar totalmente en desacuerdo con lo que describía el enunciado.

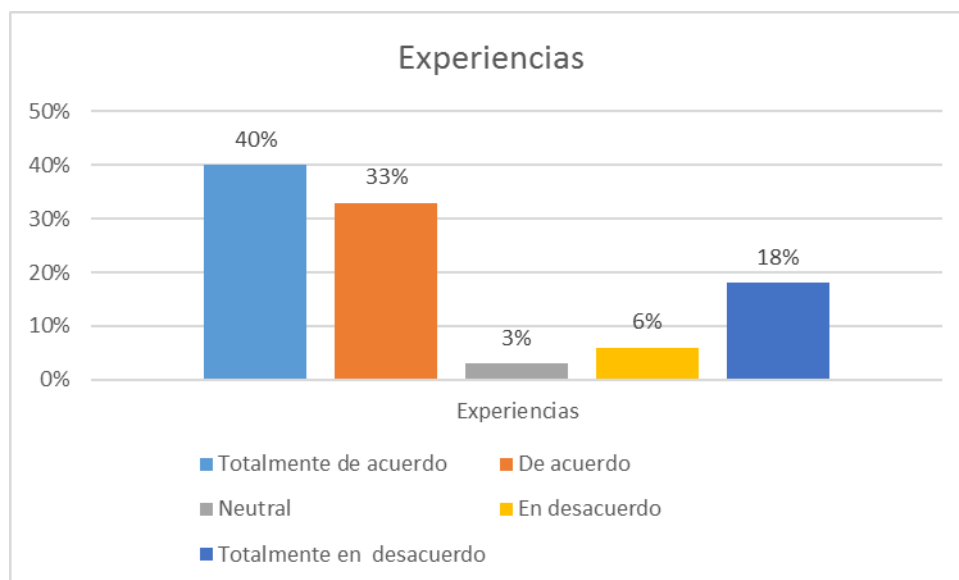


Fig. 5. Muestra datos condensados de respuestas sobre las conductas observables del aspecto experiencias

Los resultados obtenidos acerca de las cinco conductas observables que evidencian metacognición correspondientes al aspecto experiencias, se encuentran en la **figura 5**. El 40 % de los encuestados escogieron la opción estar totalmente de acuerdo, el 33 % prefirió la opción estar de acuerdo, el 3 % eligió neutral, el 6 % seleccionó estar en desacuerdo y el 18 % manifestó estar totalmente en desacuerdo con lo que describía el enunciado.

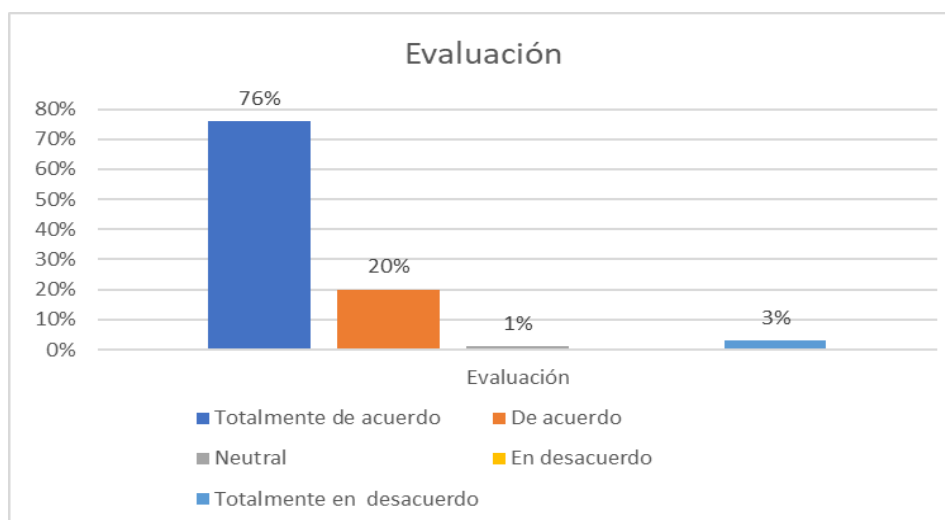


Fig. 6. Muestra datos condensados de respuestas sobre las conductas observables del aspecto evaluación

Las respuestas obtenidas acerca de las seis conductas observables que evidencian metacognición correspondientes al aspecto evaluación están en la **figura 6**. El 76 % de los encuestados se mostraron a favor de la opción estar totalmente de acuerdo, el 20 % optó por estar de acuerdo, el 1 % seleccionó neutral, el 0 % eligió estar en desacuerdo y el 3 % manifestó estar totalmente en desacuerdo con lo que describía el enunciado.

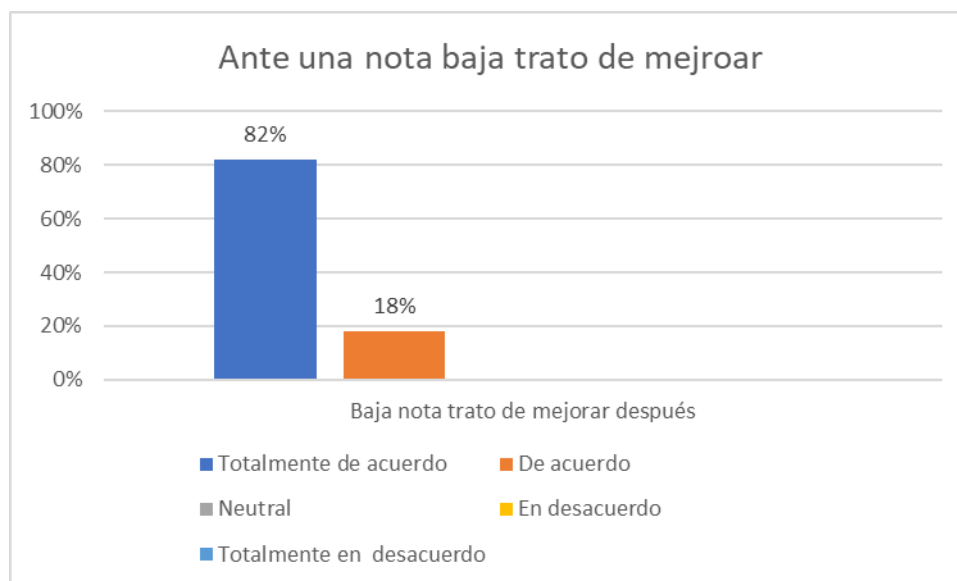


Fig. 7. Muestra datos de respuestas a una conducta observable del aspecto evaluación

Los resultados que muestra la **figura 7** sobre la conducta observable que evidencian metacognición correspondiente al aspecto evaluación, “Cuando saco una mala nota trato de mejorarla después” evidencian la gran aceptación de las opciones de estar totalmente de acuerdo y estar de acuerdo, sin prestar atención a las otras tres alternativas. El 82 % eligió estar totalmente de acuerdo y el 18 % seleccionó estar de acuerdo; 0 % neutral; 0 % estar en desacuerdo; 0 % estar totalmente en desacuerdo.

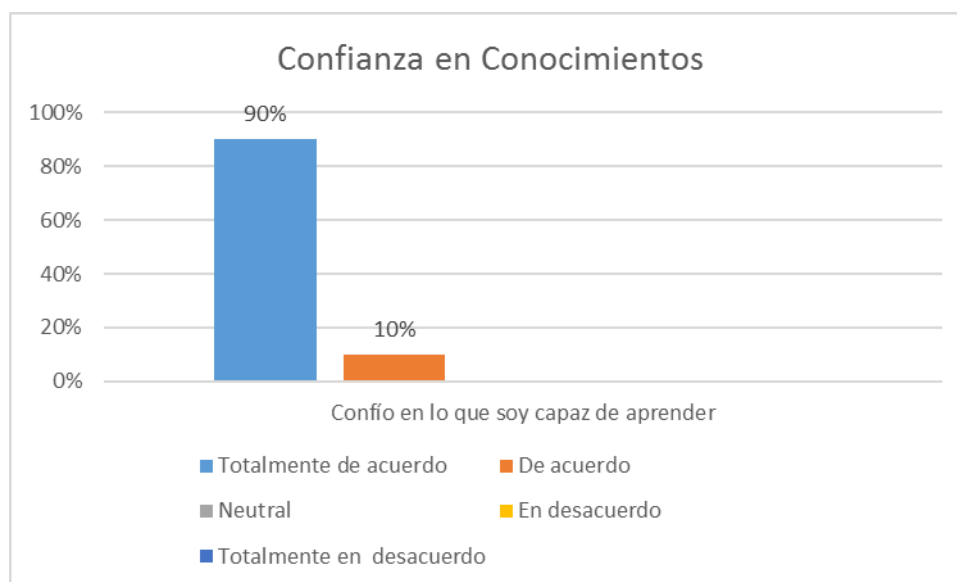


Fig. 8. Muestra datos de respuestas a una conducta observable del aspecto evaluación

Los resultados de la **figura 8** sobre la conducta observable, que evidencian metacognición correspondiente al aspecto evaluación, “Yo confío en lo que soy capaz de aprender” resaltan por la preferencia arrasadora de los encuestados por la opción estar totalmente de acuerdo el 90 % la eligió y el 10 % seleccionó estar de acuerdo; 0 % neutral; 0 % estar en desacuerdo; 0 % estar totalmente en desacuerdo.

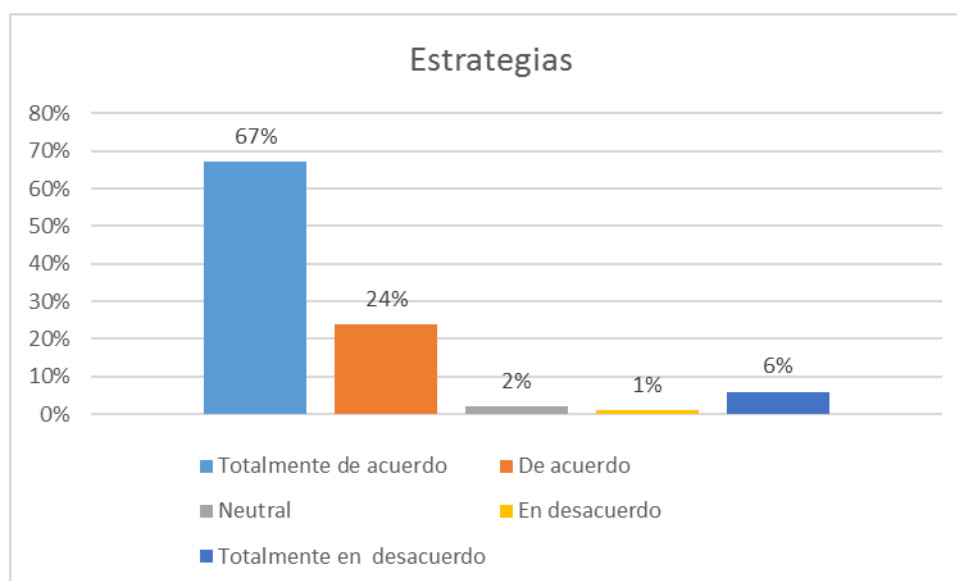


Fig. 9. Muestra datos condensados de respuestas sobre las conductas observables de estrategias

El resultado de la encuesta sobre las tres conductas observables que evidencian metacognición correspondientes al aspecto estrategias metacognitivas, se encuentran en la **figura 9**. El 67 % de los encuestados se mostraron a favor de la opción estar totalmente de acuerdo, el 24 % optó por estar de acuerdo, el 2 % seleccionó neutral, el 1 % eligió estar en desacuerdo y el 6 % manifestó estar totalmente en desacuerdo con lo que describía el enunciado.

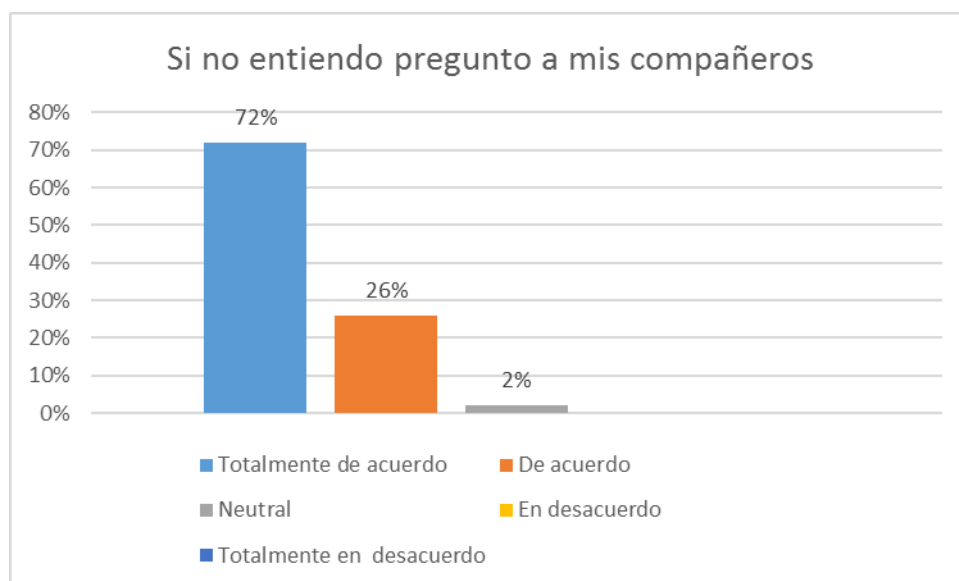


Fig. 10. Muestra datos de respuestas sobre una conducta observable de estrategias

Los resultados de la **figura 10** contiene la información levantada sobre la conducta observable que evidencian metacognición, correspondiente al aspecto estrategias “Si no entiendo algo prefiero preguntarle a mis compañeros” muestran que el 72 % de los encuestados prefirieron estar totalmente de acuerdo, el 26 % eligió estar de acuerdo, el 2 %, neutral, el 0 % expresó estar en desacuerdo y el 0 % se decidió por estar totalmente en desacuerdo con lo que describía el enunciado.

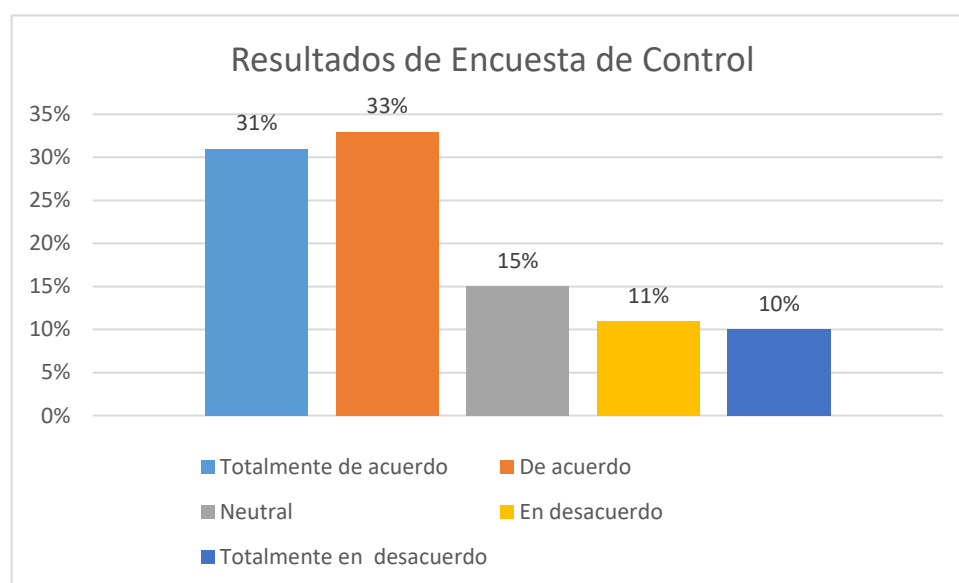


Fig. 11. Muestra los datos condensados de la encuesta cerrada aplicada para la investigación a los estudiantes de Décimo Grado de Educación General Básica, de entre 14 y 15 años de edad

Los resultados de las encuestas que se le aplicó a 50 estudiantes de Décimo Grado de Educación General Básica, de entre 14 y 15 años de edad encuestados como control mostraron mayor variedad en las respuestas, lo que se puede apreciar en la **figura 11**. Las opciones de estar de acuerdo, y estar totalmente de acuerdo muestran una mínima diferencia en la selección; los resultados de esta encuesta arrojaron los siguientes datos: El 31 % de los encuestados seleccionaron la opción de estar totalmente de acuerdo; el 33 % expresaron estar de acuerdo a cada uno de los enunciados de conducta observable que implicaban metacognición, es decir; entre estos dos niveles de descripción se percibieron la mayoría; el 15 % se consideró neutral y es poca la diferencia entre el porcentaje de quienes consideraron estar en desacuerdo y estar totalmente en desacuerdo el 11 % y el 10 % respectivamente.

4 DISCUSIÓN

Los resultados muestran que las habilidades metacognitivas están activas en los estudiantes de Educación superior. Los participantes podrían haber contestado a la encuesta que se les aplicó de cinco formas distintas considerando que los ítems de selección múltiple contenían cinco niveles de descriptores. El hecho de que en la mayoría de los estudiantes de educación superior de entre 18 y 35 años, haya considerado la opción de estar totalmente de acuerdo, pues sólo esa opción representa el 64 % de las encuestas realizadas y que la opción estar de acuerdo represente el 26 % y que entre las dos opciones se logre un 90 %, hace manifiesto que las habilidades metacognitivas están siendo utilizados en la adquisición de su aprendizaje, por lo que podría entenderse que éstas están influyendo en el desarrollo del aprendizaje autorregulado en los estudiantes de nivel superior en alguna medida, quedando de esta manera analizado el rol que tienen estas habilidades, es un rol activo que incide en la conducta de los estudiantes de educación superior y originan la autorregulación de las acciones y gestiones para aprender.

La información que proporcionó la parte de la encuesta que exploró el aspecto conocimiento coloca al estudiante de educación superior en un plano de conciencia que le motiva a buscar las estrategias para cumplir con los propósitos planteados en cada una de las asignaturas de la carrera, orientar, organizar, controlar y evaluar la tarea que ha de ejecutarse; es decir que estas habilidades metacognitivas enunciadas en cada conducta, contribuyen de manera directa con elementos que activan la motivación intrínseca con la que se hacen las cosas; son un principio de actividad presente que capacita al estudiante a participar activamente para lograr la meta propuesta por las razones que le indican la conciencia que posee de las formas de controlar su propio conocimiento y no totalmente por agentes externos, como beneficios o premios que se pudieran recibir de alguno; aunque siempre la obtención de la más alta calificación será un potente motivador o agente externo que no se puede dejar de reconocer, cuando de aprendizaje se trata. Por este rol activo es que se expresan las características del aprendizaje autorregulado, operando como parte de los cimientos dinamizadores que lo sustentan y que influyen en el pensamiento y toma de decisiones para gestionar y proporcionar el sentido que la actividad necesita para ser percibida como importante y activar en el aprendiz la actividad espontánea.

El hecho que el resultado relacionado con los enunciados de conductas observables que evidencian metacognición control, haya obtenido el segundo porcentaje más alto, en la opción de respuesta de estar totalmente de acuerdo revela que actividades de control como la lectura y relectura colaboran mucho para estos procesos donde se busca reconstruir información con el propósito de encontrar alternativas para la solución de cuestiones cuyas resoluciones estén o no a simple vista, recuperando los conocimientos que viabilicen las condiciones necesarias para resolver una situación problema; identificar lo fácil o difícil que resulta leer un escrito en relación con la información que contiene, son aplicadas en la educación superior. El control es la habilidad metacognitiva que hace volver sobre la misma actividad de aprender; para revisar y verificar que se está consiguiendo el objetivo propuesto en cada tarea; [5] expresan “la actividad humana aparece por tanto inseparable del control que el hombre ejerce sobre la naturaleza y sobre sí misma”, (pág. 32). Las conductas de control suelen estar más presente en los períodos próximos y posteriores a la rendición de pruebas o exámenes escritos, es inusual que un estudiante de educación superior al recibir los resultados de una evaluación escrita no revise el contenido de ella, ya sea para constatar sus aciertos o certificar sus errores, o intervenga en un intercambio de información con compañeros verificar si las consideraciones del docentes son apropiadas o existe equivocación en la nota otorgada. A través del control, se deja observar la característica del aprendizaje autorregulado, reflexión, si los resultados del aprendizaje están siendo favorables se supervisa los procedimientos empleados para ese logro y si por el contrario son desfavorables se supervisa los factores que incidieron para no alcanzar el logro, lo que implica la toma de decisiones, sin la cual el proceso de control en sí no tendría sentido.

A partir del resultado obtenido en las respuestas a las conductas que constituyeron los enunciados de planificación podemos considerar que probablemente sea una de las habilidades metacognitivas que menor actividad sobre los procesos de autorregulación ejercen en los estudiantes de educación superior; el porcentaje de la opción de estar totalmente de acuerdo, fue uno de los más bajos, podríamos suponer que es debido a que la planificación conecta recursos, habilidades y actividades que no compensan completamente al estudiante y ésta demanda que el estudiante de educación superior en pequeña, mediana o gran escala, autogestione la actividad a realizar en su aprendizaje, autogestión que incluye la aplicación de los elementos mencionados por [6], como componentes de la planificación: El análisis de las estrategias más convenientes, estructurando con conciencia la secuencia organizada de actividades que le dirigirán hacia el propósito planeado; la elaboración de la disponibilidad de los recursos que necesita, examinando en su contexto aquello con lo que cuenta y aquello que le falta para la ejecución de la tarea, y evitar de esta manera interrupciones que retacen el trabajo; la distribución de las horas que empleará, en un horario, en el cual también se planifica la distribución de la actividad misma, pues la experiencia adquirida por los años de estudio, resalta la importancia de segmentar el todo en partes, para hacer el trabajo menos dificultoso; la exploración que realiza mediante el proceso de autoconocimiento de las habilidades personales que posee y que le facilitarán o ayudarán en alguna medida a la consecución de lo planeado. Sin embargo, aunque el porcentaje de respuestas no sea amplio, la planificación como un ente abstracto está presente para autorregular los elementos requeridos para efectuar la tarea.

La mayor diversificación en la selección de opciones de las respuestas de los participantes y el mínimo porcentaje otorgado a la opción estar totalmente de acuerdo con los enunciados de experiencias que en la encuesta tenían relación con los procesos cognitivos atención y memoria; ponen de manifiesto que estos procesos aún en la educación superior necesitan ser trabajados para que los estudiantes los utilicen de manera más consciente y así obtener mayores ventajas de ellos en las actividades de aprender.

Es interesante observar que las conductas observables relacionadas con el aspecto evaluación tienen un mayor porcentaje en comparación con las demás, lo que podría ser un indicador de cuán importante es para los estudiantes la aplicación constante y permanente de procesos de evaluación en una de sus formas más relevantes la autoevaluación, porque como lo manifiesta [8] “La capacidad explícita de autoevaluarse constituye una forma de supervisión personal porque los estudiantes deben prestar atención a su desempeño actual y compararlo con el anterior para advertir su progreso”. Por esto es usual en este tipo de estudiantes como estrategia de recuperación solicitar a los docentes una oportunidad para mejorar, gestionando ellos mismos la marcha de su aprendizaje, tal como lo muestra el amplio porcentaje obtenido en la encuesta para esta conducta metacognitiva.

En los resultados del aspecto estrategias es importante enfatizar la gran aceptación a la opción de estar totalmente de acuerdo en la conducta de preferir preguntarle a los compañeros cuando no se entiende alguna cuestión, porque estar consciente de conocer que en primera instancia se pediría ayuda a un compañero demuestra lazos de confianza aceptables entre pares, lo cual es una característica del aprendizaje autorregulado desarrollada mediante el trabajo colaborativo. De allí puede surgir el hecho de que el 72 % haya elegido estar totalmente de acuerdo con esta conducta y que las otras respuestas se hayan diversificado entre las otras cuatro opciones. La aplicación consciente de estrategias metacognitivas orienta a buscar las herramientas que benefician las estructuras mentales que fortalecen la memoria, unas de estas herramientas son los organizadores gráficos, cuya utilización es ampliamente difundida por la potencia metacognitiva que poseen.

Los resultados de las encuestas que se hizo como control, dejan apreciar que los participantes respondieron considerando en mayor proporción las opciones neutral en desacuerdo y totalmente en desacuerdo, opciones a las que la gran mayoría de los estudiantes de educación superior no les prestó atención, y que aunque la diferencia entre el porcentaje de la opción estar de acuerdo y la opción de estar totalmente de acuerdo fue mínima, prefirieron simplemente estar de acuerdo; información que podría indicar que estos estudiantes no son todavía totalmente conscientes de manifestar las habilidades metacognitivas en sus conductas habituales al momento de aprender, situación que es totalmente distinta en los resultados que ofrecieron los datos de las encuestas aplicadas a los estudiantes de educación superior, lo que induciría a pensar que realmente es en los estudiantes de educación superior donde las habilidades metacognitivas tienen un rol activo.

5 CONCLUSIÓN

En este trabajo se concluyó que las habilidades metacognitivas están presente y tienen un rol activo en la adquisición de aprendizajes autorregulados en los estudiantes de educación superior, a través de habilidades como la planificación, control y evaluación, utilizando estas herramientas los estudiantes muestran características de aprendizajes autorregulados que los capacitan para que gestionen, reflexionen, organicen, planifiquen, supervisen y evalúen su propia actividad de aprender. La planificación suministra responsabilidad, desarrollando patrones organizados de comportamientos que permiten gestionar y organizar la actividad motivada de manera intrínseca, autorregulada y colaborativa, que facilita la interacción con otros. El control que actúa como un motor de reflexión constante, que le permite regresar una y otra vez sobre lo aprendido, proveyendo de esta manera altos niveles de conciencia de las acciones realizadas, para ejecutar y cumplir con las actividades. La evaluación, mediante procesos de autoevaluación proporciona la habilidad de escudriñar los propios conceptos, procedimientos y actitudes con la lupa de la criticidad, habilidad necesaria para evitar que las experiencias académicas queden como meros contenidos relegados en el baúl del olvido y se transformen en elementos cognitivos permanentes de la conciencia del que aprende y de esa manera se obtenga mejores resultados y aprendizaje óptimos. Los docentes deberían prestarle importancia al contenido temático no como el fin de lo que el estudiante aprende; sino como el medio para desarrollar habilidades metacognitivas que le faciliten al estudiante realizar sus actividades por sí mismo sin presión o coerción, con mayor disposición y capacidad de realizar actividades por ellos mismos.

REFERENCIAS

- [1] Alles, M. A. (2006). Desempeño por competencias: evaluación de 360º (Primera Edición, 3ra. reimpresión ed.). Buenos Aires, Argentina: Ediciones Granica S.A. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=HYGSeoWISbYC&lpg=PA104&dq=conducta%20observable&pg=PA104#v=onepage&q=conducta%20observable&f=false>.
- [2] Cabrera Murcia, E. P. (2008). La colaboración en el aula: más que uno más uno (Primera ed.). Bogotá, Colombia: COOPERATIVA EDITORIAL MAGISTERIO. Recuperado el Septiembre de 2020, de https://books.google.com.ec/books?id=Brvbn9Kiq_UC&printsec=frontcover&dq=colaboraci%C3%B3n+en+el+aprendizaje&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjbjoi78LTsAhWhp1kKHW9XBRYQuwUwAHoECAEQBw#v=onepage&q=colaboraci%C3%B3n%20en%20el%20aprendizaje&f=false.
- [3] Flavell, J. (1985). El desarrollo cognitivo. MADRID: Machado Grupo de Distribución, S.L. Recuperado el Agosto de 2020, de [https://books.google.com.ec/books?id=lee4DwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=FLAVELL, +J.H.+ \(1970\).metacognicion&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwigppO34_jrAhXimuAKHY6ECLkQ6AEwAXoECAUQA#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=lee4DwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=FLAVELL, +J.H.+ (1970).metacognicion&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwigppO34_jrAhXimuAKHY6ECLkQ6AEwAXoECAUQA#v=onepage&q&f=false).
- [4] Jaramillo, S., & Osses, S. (2012). Validación de un Instrumento sobre Metacognición para Estudiantes de Segundo Ciclo de Educación General Básica. Estudios Pedagógicos (Vaaldivia), 38 (2), 117-131. Obtenido de <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052012000200008>.
- [5] Lacasa, P., & Herranz, P. (1995). Aprendiendo a aprender: resolver problemas entre iguales. Ministerio de Educación y Ciencia. Recuperado el Agosto de 2020, de <https://books.google.com.ec/books?id=CIYmxrjJusEC&lpg=PA32&dq=concepto%20de%20metacognicion%20de%20flavell&pg=PA3#v=onepage&q=concepto%20de%20metacognicion%20de%20flavell&f=false>.
- [6] Ruiz, C. (2016). La cognición en los procesos expresivos. De La Salle. Recuperado el Septiembre de 2020, de <https://books.google.com.ec/books?id=WL9dDwAAQBAJ&lpg=PT3&pg=PT3#v=onepage&q&f=false>.
- [7] Shunk, D. H. (1997). Teorías del aprendizaje (Segunda ed.). Naucalpán de Juárez, México. Recuperado el Septiembre de 2020, de <https://books.google.com.ec/books?id=4etf9ND6JU8C&lpg=PA360&dq=la%20evaluacion%20en%20el%20aprendizaje%20autorregulado&pg=PA360#v=onepage&q=la%20evaluacion%20en%20el%20aprendizaje%20autorregulado&f=false>.
- [8] Zulma, M. (2006). El aprendizaje autorregulado: enseñar a aprender en diferentes entornos educativos (Primera ed.). Buenos Aires: Centro de Publicaciones Educativas y Material Didactico. Recuperado el Agosto de 2020, de <https://books.google.com.ec/books?id=rG87WFaE9VcC&pg=PA10&dq=mayor+suengas+y+gonz%C3%A1lez+1995&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiopcCy-YvsAhVCmlkKHUDD1gQuwUwAHoECAMQBw#v=onepage&q=mayor%20suengas%20y%20gonz%C3%A1lez%201995&f=false>.

The consequences of the Covid-19 health crisis on the Moroccan economy

Fatima Zahra El Arif and Tarik Quamar

Department of economics and management, Research laboratory on finance, banks, and risks management, Faculty of Legal, Economic and Social Sciences, Ain Chock, Hassan II University, Casablanca, Morocco

Copyright © 2021 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: Following the global health crisis caused by the Covid-19 pandemic, and to save lives, Morocco has chosen isolation, containment and general closure in order to slow the spread of the virus. These drastic decisions put the national economy on a partial halt. The economic cost is difficult to assess but the repercussions can unfortunately be felt for many years. In this article, we will specify the impact of the Covid-19 crisis on the Moroccan economy, we will also project the main measures currently taken by the government to deal with the adverse effects of the Covid-19 health crisis. Then, we will present macroeconomic proposals that could serve to bring Morocco out of this economic depression and revive the economy in a short time.

KEYWORDS: National economy; Pandemic; Covid-19; economic recession; economic stimulus measures.

1 INTRODUCTION

For the first time since 1918, humanity is facing a pandemic, posing dramatic health, political, economic and social challenges.

With the appearance of the first case detected due to the respiratory epidemic named Coronavirus (COVID-19) at the beginning of December 2019 in Wuhan, China, and seen its rapid spread in Chinese territory with a high death rate, the World Health Organization was subsequently alerted to the virus and ended up declaring on January 30, 2020 that this new epidemic, which has spread to several regions of the world, constitutes "a public health emergency of international scope".

Globally, massive human losses have been noted causing 219,000 deaths and more than 3 million people infected¹.

In Morocco, the first detected case of the Coronavirus was recorded on March 02, 2020 of a Moroccan from Italy, thus and in order to limit the spread of the virus on Moroccan territory, the government has adopted a series of measures preventive measures and precautions. However, it cannot be denied that despite all these combined measures taken by government authorities, the Coronavirus crisis still threatens to worsen the country's economic situation.

To this end, it turns out that the economic recession resulting from the appearance of the Coronavirus will have more difficult repercussions at the global level, but also at the national level which results in a decrease in production and exports, an increase unemployment and falling incomes, the worsening of the budget deficit (to more than 6% of GDP) accompanied by an increase in public debt (which risks reaching 73% of GDP in 2020), and the collapse of industrial enterprises where production and consumption are linked to the physical presence of its employees in the same place.

The effectiveness of monetary policy is also called into question due to the interest rate which has fallen from 2.5% to 2%², the widespread practice of monetary financing of budget deficits and the inflation that Morocco owes. control in the event of the implementation of a "ticket board" strategy which consists in creating money without any real counterpart in order to inject liquidity into the money market.

¹ <https://news.google.com/covid19/map?hl=fr&gl=MA&ceid=MA:fr> (as of 04/29/2020).

² According to the HCP report: "Revised forecasts of national economic growth for the first and second quarters of 2020".

Today we are witnessing a “Global Economic Shutdown”, the consequences of which will far exceed those of the 2008 crisis. This prompts us to reflect and to pose the following problem: What will be the impact of the Covid health crisis -19 on the national economy?

In order to provide some answers to this problem, this paper will be organized as follows: the first part will be devoted to a reminder of the history of previous pandemics experienced by humanity as well as the economic losses that they generated, the second part will be dedicated to the impact of Covid-19 on the Moroccan economy, the third part will project the main measures currently taken by the government to deal with the adverse effects of Covid-19, and in the last part we present macroeconomic proposals that could be used to get Morocco out of this economic depression and revive the economy in a short time.

2 HISTORY OF PREVIOUS PANDEMICS WORLDWIDE

Pandemics have not ceased to arise throughout human history, generally these pandemics occur because of major imbalances which are linked to social or environmental changes, such as the agricultural revolution, wars, etc. industrial revolutions, trade and globalization. Below are the main pandemics that have marked history, including influenza pandemics.

2.1 THE MAJOR PANDEMICS THAT HAVE MARKED HISTORY

The 20th century has seen an outbreak of deadly pandemics which have marked history, in particular “the Spanish flu” which appeared in 1918. Thus, during the 21st century, humanity has witnessed pandemic crises which are: “the syndrome Coronavirus severe acute respiratory (SARS)” in 2002, “N1H1 or avian influenza” in 2009 and “Ebola” which peaked during the period 2013-2014.

2.1.1 THE SPANISH FLU

The example of the Spanish flu which spread throughout the world during the years 1918-1920 is rich in morals and lessons with regard to the economic and social consequences of an epidemic. In total, more than 500,000 people have been affected by the virus, or 30% of the world's population, and nearly 20 to 50 million have died. Morocco has also suffered considerably from the scourges of the Spanish flu, which completely depopulated several villages in the Rif.

2.1.2 SEVERE ACUTE RESPIRATORY SYNDROME CORONAVIRUS (SARS)

The SARS epidemic is a viral disease that has its origins in Foshan, China during the period 2002-2004. The virus spread from November 2002 causing a toll of more than 8,000 infected people and 774 loss of life.

SARS had a high death rate which reached 9.6%, the majority of cases were detected in China with 5,327 cases, Hong Kong with 1,755 cases, Taiwan with 346 cases and Canada with 251 cases.

2.1.3 AVIAN INFLUENZA (H1N1)

In the spring of 2009, a new form of influenza appeared in North America, called “avian flu or H1N1”. The first case of human infection was identified in March 2009, then the World Health Organization declared in June 2009 that the H1N1 virus remains a global pandemic, two months after the appearance of the first case.

As for the global scale, seasonal avian influenza has affected a total of between 700 million and 1.9 billion people, resulting in deaths estimated between 151,700 and 575,400 (i.e. a mortality rate of 0.001% -0.007% of the world's population)³.

Morocco recorded its first contaminated case of the H1N1 virus on June 12, 2009, in sum the number of confirmed cases reached 3033 people, including 60 deaths.

To this end, some governments had to react quickly by putting in place first reaction measures such as the installation of thermal cameras in airports, others proceeded to restrict travel despite the economic shock it could cause.

Morocco, for example, reacted to this pandemic by setting up reference laboratories responsible for diagnosing suspected cases, and acquiring the necessary drugs and 20 million vaccines.

³ [https://fr.wikipedia.org/wiki/Grippe_A_\(H1N1\)_de_2009](https://fr.wikipedia.org/wiki/Grippe_A_(H1N1)_de_2009)

2.1.4 EBOLA VIRUS

The Ebola virus is considered to be the most notable historical pandemic in terms of its magnitude and severity. The first appearance of the virus was in 2014-2015 in West Africa and at the end of 2016 caused up to 11,323 deaths out of 28,646 confirmed cases with a case fatality rate rising to 39.5%

In addition, several efforts have been consolidated by all decision-makers and governors throughout the country, including Morocco, through the establishment of an epidemiological monitoring plan, and measures to raise awareness of citizens in order to control the expansion of the Ebola virus in the territory.

2.2 ECONOMIC LOSSES CAUSED BY PANDEMICS

There are many channels through which an infectious epidemic can influence the economy through increased costs both in the short term and in the long term.

Particularly because of the trauma of the markets due to blockades of transactions on a global scale, the weakness of household consumption, the high exposure of the services sector and the potential financial amplification.

This is the reason why several empirical studies with regard to the economic costs of past epidemics have been carried out, to give an idea of the economic shocks that have resulted, in order to learn from the economic consequences that these health crises have caused and facilitate decision-making vis-à-vis the current crisis.

The table below illustrates an overview of empirical studies that have been carried out on the macroeconomic costs of past epidemics:

Table 1. Economic losses caused by pandemics

Epidemics	Fatalities	Studies and Methods	Economic losses
Spanish flu 1918-19	Up to 50 million	Barro et al (2020) Cross-country panel regressions Brainerd and Siegler (2003) US states data Correia et al (2020) US states data	GDP growth is 6 points lower, and 8 points lower for overall consumption growth. Mortality slows growth considerably over the next decade. Manufacturing activity fell by 18% per year. Containment quick and aggressive helped cushion the impact.
SARS, 2003	774	Lee et Mckibbin (2004) CGE Model Hai et al (2004) Chinese surveys	Loss of 0.1% of world GDP in 2003. 1 to 2 percentage points lower GDP growth in China.
H1N1, Avian Flu 2003-19	455	Burns et al (2006) Estimate of world Bank	Loss of 0.1% of annual world GDP, and 0.4% for Asia.
Ebola, 2014-16	11 323	World Bank (2014) CGE Model	Decrease in GDP growth of 2.1 points in Guinea, 3.4 in Liberia, 3.3 in Sierra Leone during the first year of the epidemic.

Source: Frederic Boissay and Phurichai Rungcharoenkitkul, April 2020, page 4

From the data in the aforementioned table, we found that the macroeconomic costs associated with each epidemic vary widely depending on their severity and how they have been treated. According to several theorists, the Spanish flu is considered the most economically costly epidemic in history. Correia and al (2020) [2] estimated that this pandemic reduced manufacturing activity by 20%⁴, while Barro and al (2020) [1] estimate that the GDP suffered a negative impact between 6% and 8%⁵.

⁴ Correia et al., (2020): «Pandemics depress the economy, public health interventions do not: evidence from the 1918 flu », Mimeo

⁵ Barro et al. (2020) : Coronavirus meets the great influenza Pandemic

The costs associated with other milder outbreaks are usually of a lower degree. The economic loss recorded due to SARS in 2003 is only -0.1% of global GDP (Lee and Mckibbin, 2004) [3] and 0.1% of global GDP for H1N1 avian influenza. Thus the Ebola epidemic suffered a more remarkable loss in Guinea of 3.4% but still remains low compared to world production.

On the other hand, macroeconomic costs can materialize through both supply and demand effects. Fan and al (2016) [5] found that in the case of the Spanish influenza pandemic, the greatest cost was that of the decline in the workforce due to excess mortality. According to them, a reduction in the workforce will increase the capital / labor ratio and lower the rate of return on capital, and consequently slow the rate of capital accumulation and GDP growth for several years.

The available evidence from these outbreaks provides information that can help policymakers start thinking about all the possible implications of Covid-19, which is why Professors Mckibbin and Fernando (2020) [4] founded an economic model known as the name G-Cubed, and which they use to estimate the economic impact of the current global Covid-19 crisis in seven scenarios.

The model takes into consideration a range of epidemiological assumptions which allows them to be converted into quantifiable economic shocks to the reduced workforce in each country due to deaths (mortality and morbidity), rising costs of doing business in each country. sector, including the disruption of production networks in each country, and the expected rise in equity risk premiums on companies as well as changing macroeconomic vulnerability.

Mckibbin and Fernando (2020) [4] explained in their results that the cost of economic loss caused by Covid-19 is starting to escalate into trillions of dollars. Real world GDP will experience a loss of 2% less than what was forecast in 2020 before the health crisis, i.e. a loss of \$ 2.3 trillion. Based on this observation, and given that the Moroccan economy depends heavily on globalization and international trade, Morocco must be directly impacted by an economic recession which will contract its macroeconomic indicators. It is true that fortunately Morocco has not experienced strong pandemic crises previously that can be compared to the current crisis, nevertheless it is important to note that the repercussions of the Coronavirus crisis far exceed those of the international financial crisis. 2007-2008, in terms of the magnitude of the economic impact on trading partners and penalized sectors. The following part will clearly demonstrate the impact of this health crisis on the national economy in its macroeconomic magnitudes.

3 THE FALLOUT FROM THE HEALTH CRISIS ON THE NATIONAL ECONOMY

Especially since the world economy is suffering from the unforeseen shock of the Covid-19 pandemic, the Moroccan economy should in turn suffer the negative effects of the pandemic, and is pressed by the prospect of a certain economic recession since 'it depends heavily on imports, tourism and direct investment from abroad. This economy is also likely to be affected by the decline in domestic demand due to the closure of several activities to control the degree of spread of the pandemic in the territory.

3.1 MACROECONOMIC IMPACT

The economy of Morocco is hard hit by the impact of the economic recession linked to Covid19, and thus risks facing major, unexpected and formidable challenges. The macroeconomic situation should therefore experience a significant decline in all of its economic activities:

3.1.1 IN TERMS OF GDP GROWTH

Since the onset of the health crisis in Morocco, the growth prospects for the national economy have been revised downwards, due to the spread of the pandemic on the national territory and the prolongation of the period of confinement of the population..

According to the High Commission for Planning (HCP), national economic growth was cut by 8.9 points, in the second quarter of 2020, compared to its previous evolution of the crisis, instead of -3.8% points expected on April 7, 2020.

This downward revision can be explained by the accentuation of the decline in agricultural value added to -4.4%, mainly due to the poor harvests of crop production.

Excluding agriculture, the growth in value added was slowed to reach + 1.4% instead of the + 1.6% forecast. The secondary sector will experience a deterioration in the rate of growth of manufacturing industries and electricity, and as for the tertiary sector, growth has remained moderate with a growth rate of 2.6% during the first quarter of 2020.

Indeed, this decrease will represent a potential overall loss of 29.7 billion dirham for the first quarter of the year 2020, instead of 15 billion dirhams expected on April 7, 2020, specifies the HCP in its publication of quarterly forecasts for the first six months of 2021⁶.

3.1.2 IN TERMS OF FOREIGN TRADE

The Covid-19 health crisis has severely hit key sectors of the Moroccan economy, in this case international trade, which has suffered an undeniable economic impact. Morocco is therefore obliged to face this crisis, which is characterized by an alarming drop in foreign demand, disruptions in supply chains, difficulties in accessing financing by companies and the shutdown of several sectors that export or consume imported goods.

Thus, the table below illustrates the shift recorded between Morocco's exports and imports (Comparison between the 1st quarter of 2020 and the 1st quarter of 2019):

Table 2. Results of the trade balance at the end of March 2020

	January - March		Evolution	
	2020	2019	Value	%
CAF import	117.349	123.667	-6.318	-5,1
FOB export	68.217	76.329	8.112	-10,6
Balance	-49.132	-47.338	1.794	3,8
Coverage rate in%	58,1	61,7		

Source: Office de Change, Foreign trade indicators March 2020, Page 1

According to foreign trade statistics published by the foreign exchange office for the period at the end of March 2020, exports fell by 10.6% or -8,112 MDH, to stand at 68,217 MDH against 76,329 MDH a year earlier. This decline can be explained by the decrease in sales in most sectors.

For their part, imports fell by 5.1% or -6,318 million dirhams, to stand at 117,349 million dirhams in the first quarter of 2020 against 123,667 million dirhams for the year 2019⁷.

This gap between imports and exports recorded an increasing trade deficit of 3.8% or 1.8 billion, going to 49.1 million dirhams, and a coverage rate falling by 3.6 points⁸.

All these elements point to the same scenario: the trade situation will deteriorate more and more with the extension of the duration of the confinement, the shutdown of several exporting sectors and the closure of the territory's borders. All these factors are capable of causing a major shock to both exports which have suffered damage in several sectors such as the automobile, electrical and mechanical industry and textiles. On the other hand, imports will have to suffer from increased purchases of grain products because of the drought in our country.

However, this increase in imports can be offset by the fall in the price of oil (to less than \$ 30 per barrel), which will allow the country to reduce its energy bill to -4.8%, or -884 MDH.

This ordeal calls into question several economic orientations, and prompts the leaders to reflect on the idea of investing more in industry at the local level.

3.1.3 IN TERMS OF FOREIGN CURRENCY RESERVES

At the level of Morocco's international economic relations, the negative repercussions are in the level of foreign exchange reserves, currently estimated at 240 billion dirhams, and which are provided mainly by tourists, Moroccans living abroad and investors.

This limited capacity of foreign exchange reserves will have a major impact on the country's capacity to guarantee and secure the import of the resources necessary for the functioning of the national economy, and which is currently limited to 5 months. imports,

⁶ HCP forecasts of economic growth for the first and second quarters of 2021.

⁷ <https://www.oc.gov.ma/fr/publications#wow-book/>

⁸ Idem

something which can lead Morocco to resort to international financial institutions, and consequently risks the restriction of its sovereignty in the economic decisions of the country.

To this end, the State must also be under an obligation to ensure the liquidity necessary for its operation and to respect the repayment deadlines for payment deadlines in fixed currencies, the impact of which cannot be underestimated. Morocco's rating and financial reputation in international capital markets.

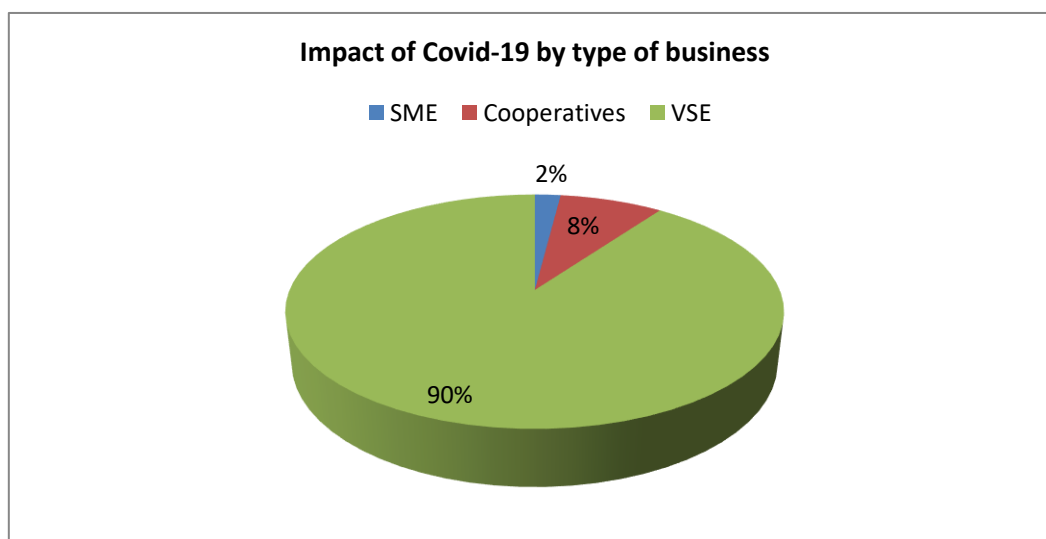
It should be noted that certain measures have been considered to strengthen the availability of foreign exchange reserves during this period, the dirham will therefore be limited to the ends of the fluctuation band of $\pm 5\%$ compared to a central rate set from the basket of listing of the dirham⁹, something which will therefore contribute to the development of the Moroccan foreign exchange market and strengthen, where applicable, the resilience of the economy and its capacity to absorb the external shocks linked to the Coronavirus crisis.

Morocco also has a proactive political framework of the Kingdom allowing it to manage these new pressures, through the activation of the Precautionary and Liquidity Line (LPL), with a withdrawal of 3 billion dollars from the International Monetary Fund (IMF).

3.2 IMPACT BY BUSINESS SECTOR

According to a study carried out by the Moroccan Confederation of VSEs and SMEs, several key sectors will have to suffer significant damage, in this case tourism, industry and textiles.

Thus, and on the basis of the said study, very small businesses are the business families most affected by this health crisis, which will find it difficult to resist with a percentage of 90% compared to 8% for SMEs.



Graph 1. VSEs in services are the most affected by Covid-19

Data source: HCP, April 2020

The analysis of the Moroccan Confederation also shed light on the current situation of the Moroccan companies which are the subject of the study, in fact, more than 2/3 of the companies are in a situation of total stoppage of their activities and 17% of companies are in partial shutdown. The sectors most affected are trade and services, with 81% in total shutdown and 19% in partial shutdown, and 89.4% in total shutdown and 10.5% in partial shutdown¹⁰, respectively.

⁹ <https://www.econostrum.info/La-bande-de-fluctuation-du-dirham-marocain.html>

¹⁰ Moroccan VSE-SME Confederation, "survey of VSEs and PMs to assess the impact of Covid-19", May 2020.

3.2.1 TOURISM

The CFG bank underlined in its note published on the economic effects that Morocco must face, that the tourism sector suffered significant losses in 2020. This drop went up to 39% of the number of tourists, or 5 million fewer tourists, knowing that Morocco received 12.93 million tourists in 2019.

As an economy focused primarily on tourism, Morocco is severely affected by the Covid-19 crisis, and is sounding the alarm bells for the current situation in the tourism sector. Thus, according to the estimates of the National Confederation of Tourism (CNT), the sector lost a turnover of 34 billion dirham at the end of the year 2020 (i.e. more than 3 billion euro), in addition 500,000 jobs lost, and 8,500 companies in an unfavorable situation. The hotel sector alone lost an amount of 15 billion dirham.

3.2.2 INDUSTRY

The industrial sector is also directly affected by the crisis linked to Covid-19 because of the reduction in the workforce at the level of industrial sites, but also indirectly through the stoppage of donors. order or slowdown in logistics and supply chains.

Likewise, the production of industrial sites is hampered by the lack of necessary parts and raw materials following the high prices, the increase in operating costs and the cancellation of orders from multinationals from the European Union.

In addition, the closure of industries and commerce in China explains in magnitude the disturbances experienced by industrial production, particularly in Europe, and which consequently affected the activity of the industrial sector in Morocco.

To this end, industrial factories have been able to readjust their production tools to design and manufacture 100% Moroccan artificial respiratory devices, this device essential in intensive care for cases presenting serious symptoms, is intended for hospitals responsible for taking burden of patients with Coronavirus disease.

3.2.3 AUTOMOBILE

The automotive sector has had to suspend its activities since March 19, 2020, due to decisions by Renault and PSA. Indeed, the temporary shutdown of Renault's activity at the two production sites in Casablanca and Tangier concerns 11,000 employees, while the suspension of PSA activities affects 1,600 employees and has had repercussions on its equipment manufacturers and its 66 suppliers.

Following this critical situation, Morocco must do everything possible to honor its promise vis-à-vis the objectives set to achieve an annual production capacity of one million vehicles by 2022 with the achievement of a figure of export business of 100 billion dirham.

3.2.4 TEXTILE

As for textiles, the sector has suffered drastically due to the closure of several companies and factories, due to the weak competitiveness of Moroccan textiles, supply problems and the absence of foreign demand, with a hand of work which is estimated at more than 160,000 in 1,200 companies.

Likewise, supplies at the sector level are severely disrupted, as a large part of the raw materials used come from Asia, and more specifically from China.

On the other hand, the textile sector is witnessing a drop in European demand for textiles and clothing, in this case from Spain and France which absorbed nearly 60% of the sector's exports. Thus leading to a decrease in orders from suppliers, according to statements by the president of the Moroccan Association of Textile and Clothing Industries.

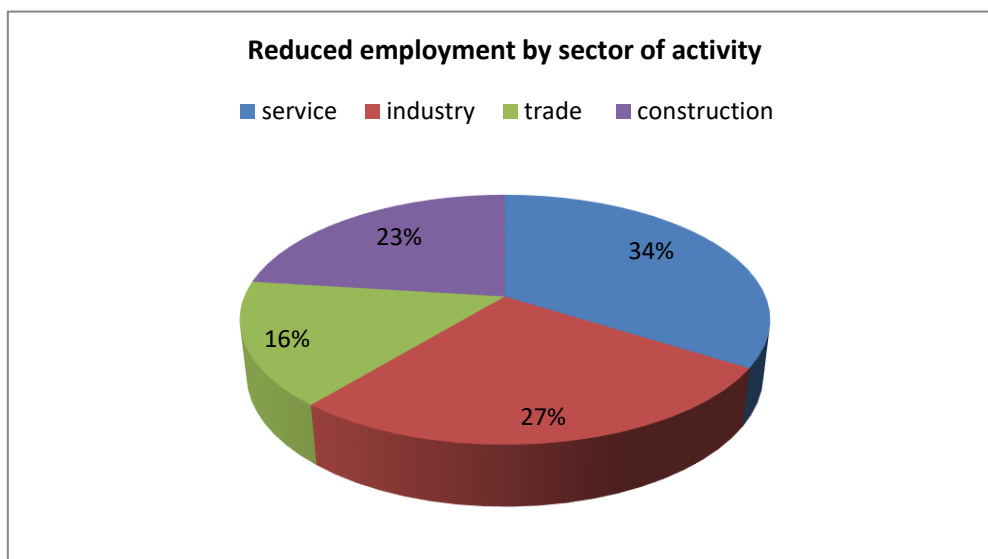
Thus, faced with declining demand in textiles and in a spirit marked by the principles of solidarity and union, several factories have converted their activity to the production of protective masks during this period of the pandemic. Indeed, following the obligation to wear masks by citizens, the Ministry of Industry has set itself a daily production of 5 million masks. The 100% Moroccan production masks have undergone a conformity check and meet the "NM / ST 21.5.200" standard of the Moroccan Institute for Standardization (IMANOR).

3.2.5 TRANSPORT

Air transport in Morocco is one of the sectors most affected by the effects of the Coronavirus pandemic due to the precautionary measures applied and the decline in demand, with an estimated loss of \$ 1.3 billion, thus making the Morocco the sixth most influenced

country in terms of air transport in the Africa-Middle East region, as highlighted by the forecasts of the International Air Transport Association (IATA) ¹¹. Doing so on the part of the potential impact on GDP estimated at \$ 3.4 billion in 2020.

It should be noted that road and rail transport are also affected, due to the ban on vehicle traffic and travel transport between cities since March 24, 2020.



Graph 2. Consequences of Covid-19 on SMEs in Morocco

Data source: HCP, April 2020

4 MEASURES TAKEN BY THE GOVERNMENT TO DEAL WITH THE ADVERSE CONSEQUENCES OF COVID-19

Morocco has not stopped taking proactive and bold measures to limit the spread of Covid-19 and limit the severity of its negative impacts on the economy as a whole.

To this end, the economic watch committee had decided on an action plan, based on decisions as the economic situation progressed, and to decide, if necessary, the priority measures to be taken.

With the declaration of a state of emergency on March 20, 2020, and the imposition of confinement on only 66 confirmed cases and 3 deaths, the Moroccan authorities have taken measures that have not been put in place in European countries only from the second or third stage of the pandemic.

To this end, Morocco has mobilized nearly 2.7% of its GDP, i.e. around \$ 120 billion, making it the 4th country in the world in terms of mobilizing financial resources in relation to GDP to cope with pandemic, according to data from the Department of Studies and Financial Forecasts under the Ministry of Finance with those carried out by Goldman Sachs.

Thus, the measures taken by the Moroccan government can be classified into 4 sections which are: financial, economic, social and fiscal measures.

¹¹ The International Air Transport Association (IATA) is the global trade association for the international air transport industry. It contains 57 founding members in 1945, IATA represents around 290 airlines in 120 countries providing 82% of global air traffic.

4.1 FINANCIAL MEASURES

Marked by a desire for solidarity, cooperation and mutual aid, His Majesty King Mohammed VI, may God assist him, gave his instructions for the creation of a special trust account named: "Special fund for the management of the Coronavirus pandemic"¹².

This fund is initially endowed with a 10-billion-dirham envelope from the general budget and which is subsequently supplied by private donations and contributions from large companies or anyone wishing to participate in this initiative.

The purpose of collecting these special funds is, on the one hand, to rehabilitate the health system and mobilize the resources necessary to overcome the spread of the pandemic (purchase of materials, medical devices and upgrading of additional resources and emergency infrastructure). On the other hand, it will be used to support the national economy, in particular in terms of support and monitoring of the most vulnerable sectors, in terms of job preservation and in order to reduce the shock of the crisis at the social level.

As of March 20, 2020, the fund had more than 22 billion dirham of contributions made.

As of April 9, 2020, the solidarity fund has been accumulated to reach 34 billion dirham from donations from public and private entities, as well as personal initiatives of citizens.

4.2 ECONOMIC MEASURES

On the economic front, the Kingdom has appointed an economic watch committee responsible for monitoring the economic situation hour by hour, and deciding the appropriate measures to be put in place to limit future damage and facilitate recovery. This committee is chaired by the Ministry of the Economy, Finance and Administrative Reform, and composed of the Ministries of the Interior, Foreign Affairs, Agriculture and Fisheries, Health, Industry, Tourism and Labor. In addition to these departments, the entity also includes the Professional Group of Moroccan Banks, CGEM, the Federation of Moroccan Chambers of Commerce, Industry and Services, and the Federation of Chambers of Crafts.

In terms of monetary policy, Bank Al Maghrib has decided to lower its key rate to 2% instead of 2.5%¹³, in order to support access to bank loans for the benefit of households and businesses to cope with the impacts of the pandemic.

Another measure has been put in place, which consists in suspending the payment of social security contributions from the CNSS contribution from March 1, until the end of June 2020, with a free remission of late surcharges for the said period for employers in difficulty, affiliated to the CNSS.

The establishment of a moratorium on the repayment of bank loans for the benefit of companies until June 30 without incurring payment of fees or penalties.

And finally, the postponement of the repayable loan maturities for VSEs and SMEs in difficulty, for a maximum of 6 monthly payments (3 months renewable once) until the end of June, with the activation of the "DAMANE OXYGENE"¹⁴ guarantee by the Caisse Centrale de Garantie (CCG) on open credits.

Now that Morocco continues to react quickly following the economic fluctuations induced by the shocks of the Covid-19 health crisis, a corrective finance bill is therefore being prepared and must integrate the following elements:

- Updating of the assumptions used in the preparation of the 2020 finance law and the main economic indicators,
- The preparation of new forecasts in relation to the potential impact of the current situation on the budget deficit, balance of payments and debt,
- And the development of a massive plan to revive economic activity.

¹² Endowed with 10 billion dirham, this fund will be reserved, on the one hand, to cover the costs of upgrading the medical device, in terms of suitable infrastructure and additional resources to be acquired, in an emergency.

¹³ <https://www.leboursier.ma/Actus/6958/2020/03/17/Bank-Al-Maghrib-baisse-son-taux-directeur-a-2.html>

¹⁴ "Damane Oxygène" is a program aimed at mobilizing financing resources in favor of companies whose cash flow has deteriorated due to the Covid-19 crisis, it is set up by the Ministry of Finance at the CCG in March 2020. It covers 95% of the amount of credit requested by the company and allows banks to quickly set up exceptional overdrafts to finance companies' working capital requirements. This product is primarily intended for VSEs and SMEs impacted by the crisis and whose turnover does not exceed DH 200 million.

4.3 SOCIAL MEASURES

On the social side, and with the deterioration of the financial health of companies vulnerable to the shocks induced by the pandemic, the economic watch council has adopted a series of measures aimed at preserving the purchasing power of employees. To this end, around 760,000 employees affiliated to the CNSS received a fixed allowance of 1,000 dirhams in March, and 2,000 dirhams for the month of April, this measure will run until the end of June and the same people will continue to benefit from the said indemnity.

Another direct aid measure was decided in favor of people operating in the informal sector not affiliated with the CNSS, the beneficiaries were divided into two categories namely: households with the RAMEL card, and households without no such health coverage. Thus, the number of beneficiary households rises to 600,000. In this phase, households will receive transfers up to 800 dirhams for 1 to 2 people, 1000 dirham for households with 4 people, and 1200 dirham for households over 4 people.

4.4 TAX MEASURES

Faced with this unprecedented situation and full of uncertainty, the economic watch committee decided on March 19, 2020, to postpone the filing of certain tax returns until June 30, for companies whose turnover for the year 2018 does not exceed 20 million dirhams (HT) with a suspension of tax audits and notices to third party holders (ATD: avis à tiers détenteurs)¹⁵.

5 CONCLUSION

The Covid-19 health crisis witnessing the world today has shaken the entire global economic system and exposed its great vulnerabilities while causing an unprecedented slowdown in economic activity, putting the planet in standby mode.

In Morocco, the scale of the pandemic took up major challenges that decision-makers had to face through a series of measures and safeguards that make it possible to preserve the balance of the national economy through regulation and protection.

Even if it is a little early to consolidate all the actions taken in the face of this pandemic, Morocco has shown vigilance and applauding seriousness, through its commitment since the appearance of the pandemic to study and anticipate the challenges to come. But this crisis has also made it possible to identify its shortcomings, to question them in its next economic orientations, and thus pushes the leaders to reflect on the idea of prioritizing certain sectors essential to the functioning of the economic wheel of the country.

This crisis situation can serve as a beginning of the restructuring, transformation and strengthening of the modes of governance and management of the Moroccan economy.

Today and in the face of an uncertain future, the onset of the health crisis invites us to reflect deeply and reflect carefully on the next steps to be taken. This prompts us to ask ourselves: Can Morocco take advantage of this health crisis to catalyze a change in dominant dogmas and to outline alternatives that will help revive the economic wheel? Can the measures taken be considered sufficient or should other long-term reconstruction and recovery measures be foreseen? And what will be Morocco's place and its positioning in the world market after the crisis?

REFERENCES

- [1] Barro Robert, Jose ursua, Joanna Weng, "The coronavirus and the great influenza pandemic: lessons from the "Spanish flu" for the Coronavirus's potential effects on mortality and economic activity", NBER WORKING PAPER SERIES. April 2020. DOI 10.3386/w26866.
- [2] Correia Sergio, Stephan luck, Emil Verner, "Pandemics depress the economy, public health interventions do not: evidence from the 1918 flu", Mimeo, June 2020.
- [3] Jong-Wha Lee et Warwick J. McKibbin, "Globalization and disease: the case of SARS", Asian Economic Papers 3 (1): 113-131, February 2004, DOI: 10.1162/1535351041747932.
- [4] McKibbin, W., R Fernando. «The Global Macroeconomic Impacts of COVID-19: Seven Scenarios», CAMA Working paper, The Australian National University. March 2020, Vol 19/2020.
- [5] Victoria Y. Fan, Dean T. Jamison, Lawrence H. Summers, «The inclusive cost of pandemic influenza risk», NBER Working Paper, March 2016, no 22137. DOI 10.3386/w22137.

¹⁵ Holding of the second meeting of the business intelligence committee, 03/19/2020.

Projections climatiques dans des régions orographiques d'Afrique sous les scénarios d'un réchauffement de 1.5°C et 2°C

[Climate projections over orographic regions of Africa under the 1.5°C and 2°C warming scenarios]

Ibrahima Diba, Mamadou L. Mbaye, Hamady N. Sabaly, Jules Basse, and Mactar Camara

Département de Physique, Laboratoire d'Océanographie, des Sciences de l'Environnement et du Climat (LOSEC), Université Assane SECK de Ziguinchor, Senegal

Copyright © 2021 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The objective of this study is to estimate the potential changes in extremes rainfall over three orographic regions of Africa (Guinea, Nigeria and Cameroon) under the 1.5°C and 2°C warming scenarios. The results project an increase of the number of rainy days over Guinea under both scenarios by 2059. Over Nigeria, this index will decrease in the north of the country under both scenarios. Over Cameroon, this index will decrease over the whole country under the 1.5°C warming and will increase in the southeast and northeast parts of the country under the 2°C warming. Rainfall intensity will increase over the northern and southwestern parts of Guinea under both scenarios. The maximum one-day rainfall accumulation will increase in almost all three considered countries in the near future. However, compared to Cameroon, the maximum one-day rainfall accumulation will be more important in the northern and central parts of Guinea and Nigeria. There will be a decrease of the number of consecutive wet days in the southwest and central parts of Guinea under the 1.5°C scenario and over most parts of Guinea under the 2°C scenario. Over Nigeria, this index will decrease in the south and center of the country. The number of consecutive wet days will decrease in the southwest and northern Cameroon and increase slightly in the southeast of this country under both warming scenarios. The number of consecutive dry days will decrease over the whole Guinea, over the northern and central parts of Nigeria under both scenarios. The increase noted in extreme events could cause flooding. This work can be considered as a support for the Guinean, Nigerian and Cameroon policymakers for implementing sustainable mitigation and good adaptation measures to limit and combat the adverse effects of climate change (floods, heat waves and drought). Finally, this study shows that the three considered regions will need additional irrigation as an adaptation strategy for the protection of the agricultural sector by 2059 under both scenarios due to the decrease of the number of consecutive wet days.

KEYWORDS: CORDEX; Orographic regions; Extreme rainfall.

RESUME: Cette étude a pour objectif d'estimer les changements potentiels d'extrêmes pluviométriques dans trois régions orographiques d'Afrique (Guinée, Nigéria et Cameroun) sous les scénarios d'un réchauffement de 1.5°C et 2°C. Les résultats projettent une augmentation du nombre de jours pluvieux sur toute la Guinée sous les deux scénarios à l'horizon 2059. Sur le Nigéria, cet indice diminuera au nord du pays sous les deux scénarios. Sur le Cameroun, cet indice diminuera dans tout le pays sous le réchauffement 1.5°C et augmentera au sud-est et nord-est du pays sous le réchauffement 2°C. Quant à l'intensité des pluies, elle augmenterait sur les parties nord et sud-ouest de la Guinée sous les deux scénarios. Le cumul maximal de pluie sur un jour augmentera dans presque l'ensemble des trois pays considérés dans le futur proche. Néanmoins, comparé au Cameroun, le cumul maximal de pluie sur un jour sera plus important au nord et au centre de la Guinée et du Nigeria. On assistera à une baisse du nombre de jours consécutifs humides au sud-ouest et au centre de la Guinée sous le scénario 1.5°C et sur presque toute la Guinée sous le scénario 2°C. A l'échelle du Nigéria, on assistera à une baisse de cet indice au sud et au centre du pays. Sur le Cameroun, le nombre de jours consécutifs humides diminuera au sud-ouest et au nord du pays et augmentera légèrement au sud-est du pays sous les deux scénarios de réchauffement. Le nombre de jours consécutifs secs diminuera sur toute la Guinée, au nord et au centre du Nigéria sous les deux scénarios. L'augmentation notée sur les événements extrêmes pourrait causer des inondations. Ce travail pourrait servir de support aux décideurs politiques Guinéens, Nigériens et

Camerounais dans la mise en œuvre de bonnes mesures d'atténuation et d'adaptation durables afin de limiter et de combattre les effets néfastes du changement climatique (inondations, vagues de chaleur et sécheresse). Finalement, cette étude montre que les trois régions auront besoin d'une irrigation supplémentaire comme stratégie d'adaptation pour la protection du secteur agricole à l'horizon 2059 sous les scénarios 1.5°C et 2°C en raison de la diminution du nombre de jours consécutifs humides.

MOTS-CLEFS: CORDEX; Régions orographiques; Extrêmes pluviométriques.

1 INTRODUCTION

Le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'évolution du Climat [1] a fourni depuis le début des années 1990 la preuve de l'accélération du réchauffement planétaire et du changement climatique. En ce qui concerne les précipitations, les tendances mondiales sont complexes en raison des insuffisances dans les couvertures spatiale et temporelle des données [2]. Néanmoins, une tendance générale à la baisse de la quantité totale des précipitations annuelles et du nombre de jours consécutifs de pluie est observée sur le Sahel durant la période 1968 à 1998 [3]. Ces déficits ont entraîné une mauvaise qualité des saisons pluvieuses entraînant par conséquent une forte dégradation des sols. Sarr (2011) [4] a montré une augmentation des inondations dans quelques régions du Sahel. En outre, l'évolution annuelle des précipitations au Sahel a été caractérisée par une succession d'années pluvieuses de 1950 à 1969, suivies d'une période caractérisée par la persistance d'années sèches de 1970 à 1993. Ali (2011) [5] a montré qu'après 1993, le Sahel a connu un autre type de variabilité climatique caractérisé par une alternance entre années très sèches et années très humides.

Une grande partie des études sur l'évolution du climat est basée sur l'utilisation des indices d'extrêmes climatiques qui sont basés en général sur des seuils de dépassement [3]. En Afrique, en particulier, très peu d'études sont connues sur les valeurs extrêmes dues à plusieurs difficultés, comme par exemple celle de la disponibilité des données météorologiques quotidiennes et de leur accès [6], [7]. En outre, une forte augmentation de la fréquence des événements climatiques extrêmes peut avoir de nombreux impacts négatifs sur la société [8]. Les pertes économiques et humaines, ainsi que la diminution de la production agricole comptent parmi les impacts directs et indirects des phénomènes climatiques extrêmes [8]. L'estimation et la compréhension de la variabilité des événements extrêmes sont également importantes pour la formulation des stratégies d'adaptation et d'atténuation et la planification des ressources et des zones urbaines. À l'issue de la 21^{ème} conférence des parties en 2015, l'accord de Paris a engagé les pays à maintenir l'augmentation de la température mondiale "bien en dessous de 2°C" et à poursuivre les efforts pour limiter le réchauffement à 1.5°C au-dessus des niveaux préindustriels. Cependant, la question de savoir quelles sont les implications d'un réchauffement climatique de 1.5°C à l'échelle régionale restent avec peu de réponses en Afrique de l'Ouest. Il est donc fondamental de comprendre les caractéristiques des extrêmes climatiques en Afrique de l'Ouest sous les scénarios de réchauffement global 1.5°C et 2°C pour que la région puisse mettre en œuvre des mesures d'atténuation et d'adaptation durables afin de limiter et de combattre les effets néfastes du changement climatique. Ce travail s'inscrit dans cette perspective. L'objectif est de faire une étude comparative des changements futurs sur les extrêmes pluviométriques sous les scénarios d'un réchauffement global de 1.5°C et 2°C de l'accord de Paris 2015 sur le changement climatique dans trois régions orographiques d'Afrique que sont: la Guinée, le Nigéria et le Cameroun. En effet, les plus grandes différences climatiques d'une région à l'autre sont d'ordre pluviométrique et les zones orographiques notamment les montagnes du Fouta djallon, les plateaux du Jos au Nigéria et le Mont Cameroun sont des zones de forte pluviométrie (régions les plus humides du continent Africain) du fait de leur forte influence sur la convection. Ces régions constituent également les sources de plusieurs grands fleuves surtout le fouta djallon.

La description des modèles utilisés ainsi que les données et méthodes sont présentés dans la deuxième section. La troisième section analyse et discute les résultats. La conclusion est présentée dans la dernière section.

2 DONNEES ET METHODES

2.1 DONNEES

2.1.1 DONNEES D'OBSERVATIONS

Les données d'observations de précipitations mensuelles de l'unité de recherche sur le climat (Climate Research Unit: CRU, [9]) sont utilisées pour valider la pluie simulée par les cinq modèles. Ces données grillées couvrent la période 1901-2013. Elles sont calculées sur des grilles de haute résolution de 0.5°×0.5°, qui sont basées sur une archive de précipitations moyennes mensuelles fournies par plus de 4000 stations météorologiques réparties dans le monde entier. Les données du Climate Research Unit ont été utilisées précédemment pour diverses études en raison de leur bonne capacité à reproduire les distributions spatiales de la pluie en Afrique.

2.1.2 DONNEES DE SORTIES DE MODELES CLIMATIQUES REGIONAUX

La connaissance de l'évolution du climat est d'une importance capitale pour les populations du monde entier. En effet, les informations fournies par les modèles permettent d'évaluer les conséquences des changements climatiques et de mettre au point des stratégies d'adaptation. Dans cette étude, nous avons utilisé des données journalières de précipitation issues de cinq modèles climatiques du programme CORDEX (Coordinated Regional climate Downscaling EXperiment [10]. Ces modèles ont une résolution de 0.44° (environ 50 km). Le continent africain est très vulnérable aux changements climatiques, à la fois en raison de la dépendance de plusieurs secteurs vitaux vis-à-vis de la variabilité du climat (l'agriculture, la gestion de l'eau, la santé, les infrastructures par exemple) et d'une capacité d'adaptation relativement faible. Deux scénarios de réchauffement (1.5°C et 2°C) obtenus par rapport aux températures préindustrielles ont été considérés. Dans la suite du travail, les termes suivants signifient: HIST (période historique ou de référence), FP1 (période d'un réchauffement de 1.5°C) et FP2 (période d'un réchauffement de 2°C) sous le scénario RCP4.5. Certaines caractéristiques de ces données sont représentées dans le Tableau 1.

Tableau 1. *Caractéristiques des sorties des modèles climatiques régionaux*

Modèle global	Modèles régionaux	Instituts	HIST	FP1	FP2
ICHEC-EC-EARTH	CCLM	CLMcom	1958–1987	2008–2037	2030–2059
	HIRHAM	DMI			
	RACMO	KNMI			
	REMO	MPI			
	RCA	SMHI			

2.2 METHODES

Les indices climatiques utilisés dans cette étude ont été développés et définis par le groupe d'experts de l'organisation météorologique mondiale sur la détection et les indices des changements climatiques en anglais Expert Team on Climate Change Détection Monitoring and Indices (ETCCDMI; International CLIVAR Project Office, 2003). Ces indices climatiques sont utilisés pour caractériser les événements extrêmes de précipitations dans les trois régions ciblées et présentées à la figure 1 (Guinée, Nigéria et Cameroun). Ces indices sont présentés dans le Tableau 2. Dans cette étude, nous avons utilisé des données journalières de pluie pour caractériser les extrêmes pluviométriques.

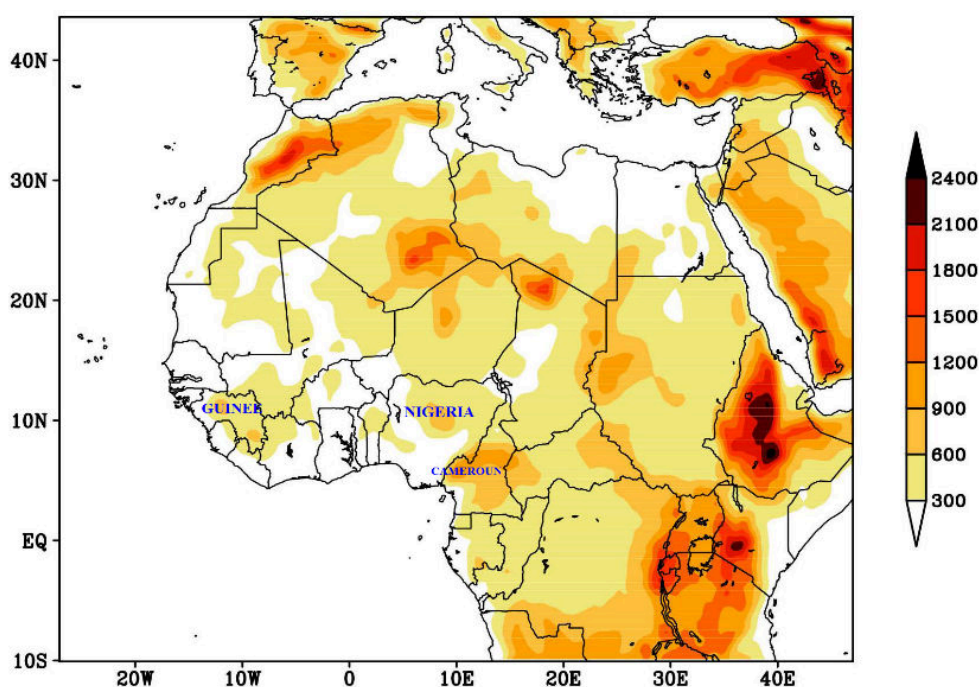


Fig. 1. *Topographie de l'Afrique de l'Ouest et les zones d'intérêt: la Guinée, le Nigéria et le Cameroun*

Tableau 2. Description des indices climatiques utilisés [11]

Indices	Signification
Nombre de jours pluvieux	Nombre de jours présentant un cumul pluviométrique journalier supérieur à 1mm/j
Intensité des jours pluvieux	Intensité moyenne de précipitation enregistrée pendant un jour pluvieux
Nombre de jours de pluies intenses	Nombre de jours pluvieux présentant un cumul pluviométrique journalier supérieur à 10mm/j
Durée maximale des séquences humides	Nombre maximal de jours consécutifs présentant un cumul pluviométrique journalier supérieur à 1mm/j
Durée maximale des séquences sèches	Nombre maximal de jours consécutifs présentant un cumul pluviométrique journalier inférieur à 1mm/j
Cumul maximal de pluie sur un jour	Le plus grand cumul pluviométrique enregistré sur un jour
95 ^{ème} percentile des pluies journalières	La valeur au-dessus de laquelle se trouve 5% des données (représentent aussi les événements de pluie très humides)

3 RESULTATS

3.1 PLUIE MOYENNE

Nous avons d'abord évalué les simulations des modèles CORDEX avant d'étudier les extrêmes pluviométriques dans les trois zones ciblées. Pour cette étape, la pluie simulée par les cinq modèles est comparée aux données d'observations du CRU (Climate Research Unit).

La figure 2 montre la pluie moyennée de mai à septembre (MJJAS) sur la période historique 1958-1987 pour les observations du CRU et les biais (de pluie) des modèles CORDEX par rapport aux données CRU. La climatologie du CRU présente un gradient de pluie nord-sud avec des maxima localisés sur la zone Guinéenne et au sud du Sahel. Les minima de précipitation sont situés au nord du Sahel (figure 2a). Les modèles CCLM, HIRHAM, RACMO ainsi que la moyenne d'ensemble des modèles simulent des biais secs (valeurs négatives) sur le Sénégal, la Guinée, le Cameroun et le nord du Nigéria (figure 2b, c, d, g). Les modèles REMO et RCA sous-estiment moins (faibles biais négatifs) l'intensité des précipitations sur le nord de la Guinée et le nord du Nigéria (figure 2e, f). Le modèle REMO surestime légèrement (faibles biais positifs) les précipitations sur le nord du Cameroun (figure 2e). Les biais humides (biais positifs) les plus forts (jusqu'à 40%) sont simulés par les modèles CCLM, HIRHAM, RACMO et RCA au nord du Sahel (figure 2b, c, d, f). La moyenne d'ensemble des modèles simule bien les signes et les amplitudes des biais comparé à ces quatre modèles précités (figure 2g). La distribution spatiale des biais simulés par les modèles CORDEX est en accord avec les résultats de [12]. En outre, [12], [13] ont montré que les biais des modèles climatiques ne dépendent pas uniquement des données de forçage car la variabilité interne des modèles peut également jouer un rôle important. En général, les résultats montrent que la distribution spatiale de la pluie moyenne en Afrique de l'Ouest est bien reproduite par les modèles CORDEX malgré la présence de quelques biais. L'étape suivante consiste à étudier les changements sur les extrêmes pluviométriques dans les trois zones d'intérêt (Guinée, Nigéria et Cameroun) pendant le futur proche sous les scénarios d'un réchauffement de 1.5 °C et 2 °C.

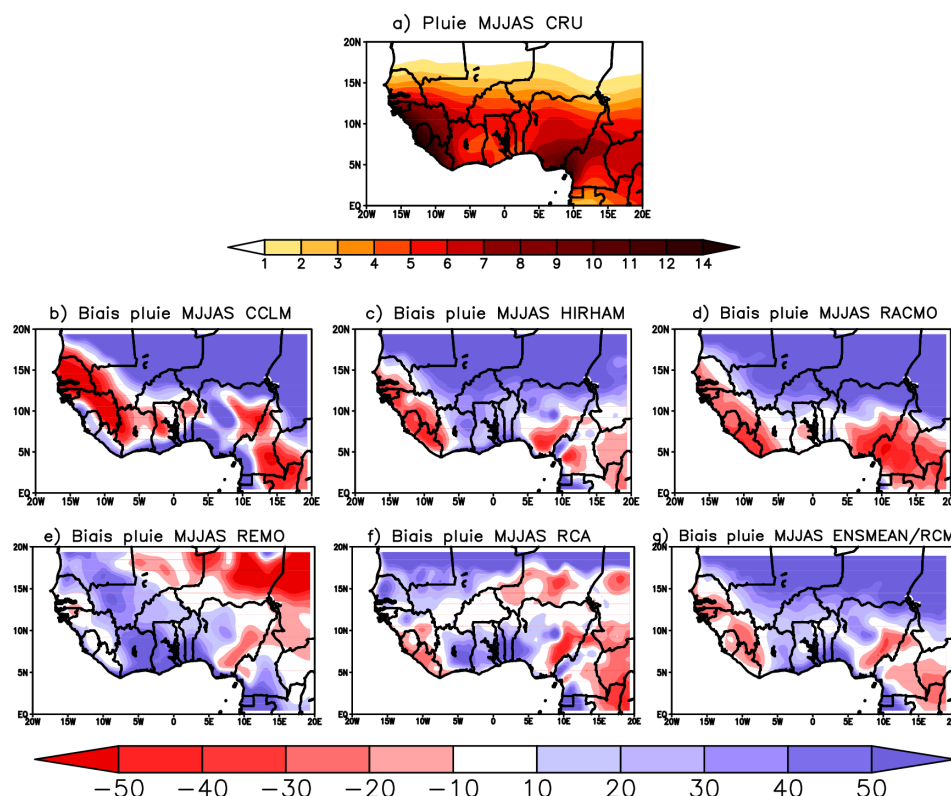


Fig. 2. (a) Pluie (mm/jour) moyennée pendant la saison estivale (mai à septembre) en Afrique de l'Ouest sur la période 1958-1987 pour la climatologie CRU; (b-g) biais des précipitations (en %) des cinq (5) modèles CORDEX utilisés ainsi que leur moyenne d'ensemble

3.2 EXTRÊMES PLUVIOMÉTRIQUES

Cette partie présente l'évolution spatiale des extrêmes de précipitations dans les trois zones d'intérêt (Guinée, Nigéria et Cameroun) pendant la saison estivale de Mai à Septembre (MJJAS) sur la période historique 1958 à 1987 en haut et en bas les changements dans les futurs proches sous les scénarios d'un réchauffement de 1.5°C (période 2008-2037) et 2°C (période 2030-2059) (FP1 et FP2 respectivement).

Pour mieux caractériser la pluviométrie, on s'est intéressé à l'étude du nombre de jours pluvieux. La figure 3 montre la distribution spatiale du nombre de jours pluvieux. Sur la période historique (1958-1987), l'analyse montre que le plus grand nombre de jours pluvieux se trouve au sud du pays pour la Guinée (figure 3a), au centre et au sud du pays pour le Nigeria (figure 3b) et au nord et sud-ouest du pays pour le Cameroun (figure 3c). Néanmoins, comparé à la zone Guinéenne, le plus grand nombre de jours pluvieux se trouve au sud du Nigeria entre les latitudes 5°N et 7°N (figure 3b) et au sud-ouest du Cameroun entre les latitudes 2°N et 7°N (figure 3c). Dans le futur proche, les résultats projettent une augmentation du nombre de jours pluvieux sur toute la Guinée sous les deux scénarios de réchauffement (FP1 et FP2) (figure 3d, g). Néanmoins, cette augmentation sera beaucoup plus importante au centre de la Guinée sous le scénario de réchauffement FP1 (Figure 3d). Sur le Nigéria, cet indice diminuera au nord du pays pour les deux scénarios et augmentera au sud-est et nord-est du pays sous le réchauffement FP2 (figure 3e, h). Sur le Cameroun, cet indice diminuera dans tout le pays sous le réchauffement FP1 et augmentera au sud-est et nord-est du pays sous le réchauffement FP2 (figure 3f, i). La figure 4 montre la distribution spatiale de l'intensité des jours pluvieux. Sur la période historique (1958-1987), l'analyse montre une forte intensité des pluies au sud de la Guinée (figure 4a), au centre et au sud du Nigeria (figure 4b) et au sud-ouest du Cameroun (figure 4c). Néanmoins, comparé au Nigeria, l'intensité des pluies est plus forte au sud-ouest de la Guinée entre les latitudes 9°N et 11°N (figure 4b) et au sud-ouest du Cameroun entre les latitudes 2°N et 6°N (figure 4c). Dans le futur proche, on assistera à une légère augmentation de l'intensité des pluies sur les parties nord et sud-ouest de la Guinée sous les deux scénarios de réchauffement (FP1 et FP2) (figure 4d, g). Cependant, l'intensité des pluies semble ne pas être trop affecté par les deux scénarios de réchauffement dans le futur proche au niveau du Nigeria et du Cameroun (figure 4e, f, h, i). La figure 5 montre la distribution spatiale du nombre de jours de pluies intenses. L'analyse montre une forte occurrence du nombre de jours de pluies intenses au sud-ouest de la Guinée entre les latitudes 9°N et 11°N (figure 5a), au centre et au sud du Nigeria (figure 5b) et au sud-ouest du Cameroun entre les latitudes 2°N et 6°N (figure 5c). Dans le futur proche, on assistera à un renforcement du nombre de jours de pluies intenses sur presque toute la Guinée sous les deux scénarios de réchauffement (FP1 et

FP2) (figure 5d, g). A l'échelle du Nigéria, on assistera à une baisse de cet indice au nord du pays et une augmentation au sud-est et sud-ouest du pays sous les deux scénarios de réchauffement (figure 5e, h). Au niveau du Cameroun, le nombre de jours de pluies intenses augmentera au nord et sud-ouest du pays sous le réchauffement FP1 et augmentera sur presque l'ensemble du pays sous le réchauffement FP2 (figure 5f, i).

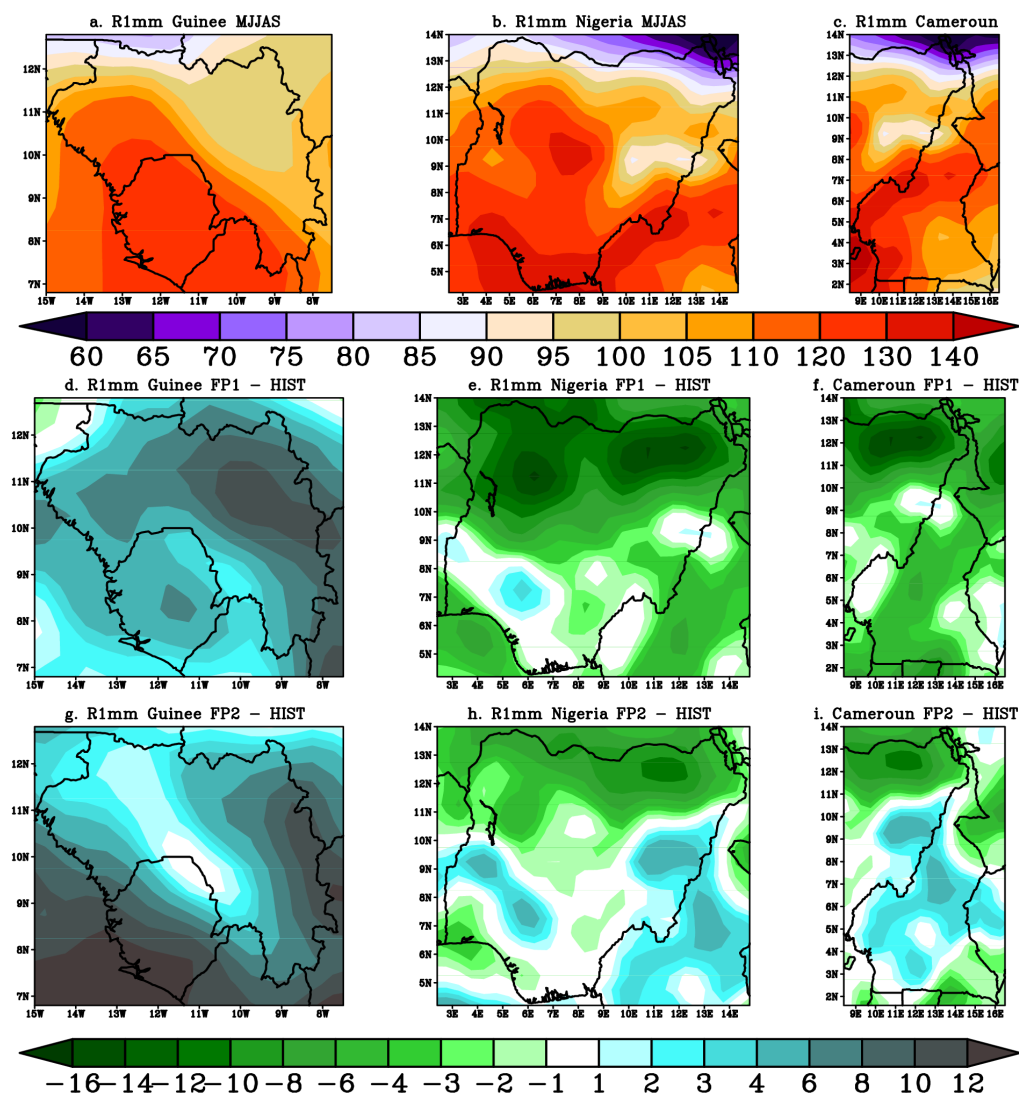


Fig. 3. Nombre de jours pluvieux (jour) pendant la saison estivale (mai à septembre) pour la période historique 1958-1987 (en a, b, c) et les changements dans le futur proche 2008-2037 sous le réchauffement 1.5°C (en d, e, f) et le futur proche 2030-2059 sous le réchauffement 2°C (en g, h, i) sur la Guinée, le Nigéria et le Cameroun pour la moyenne d'ensemble (Ens/RCMs) des modèles climatiques régionaux CORDEX

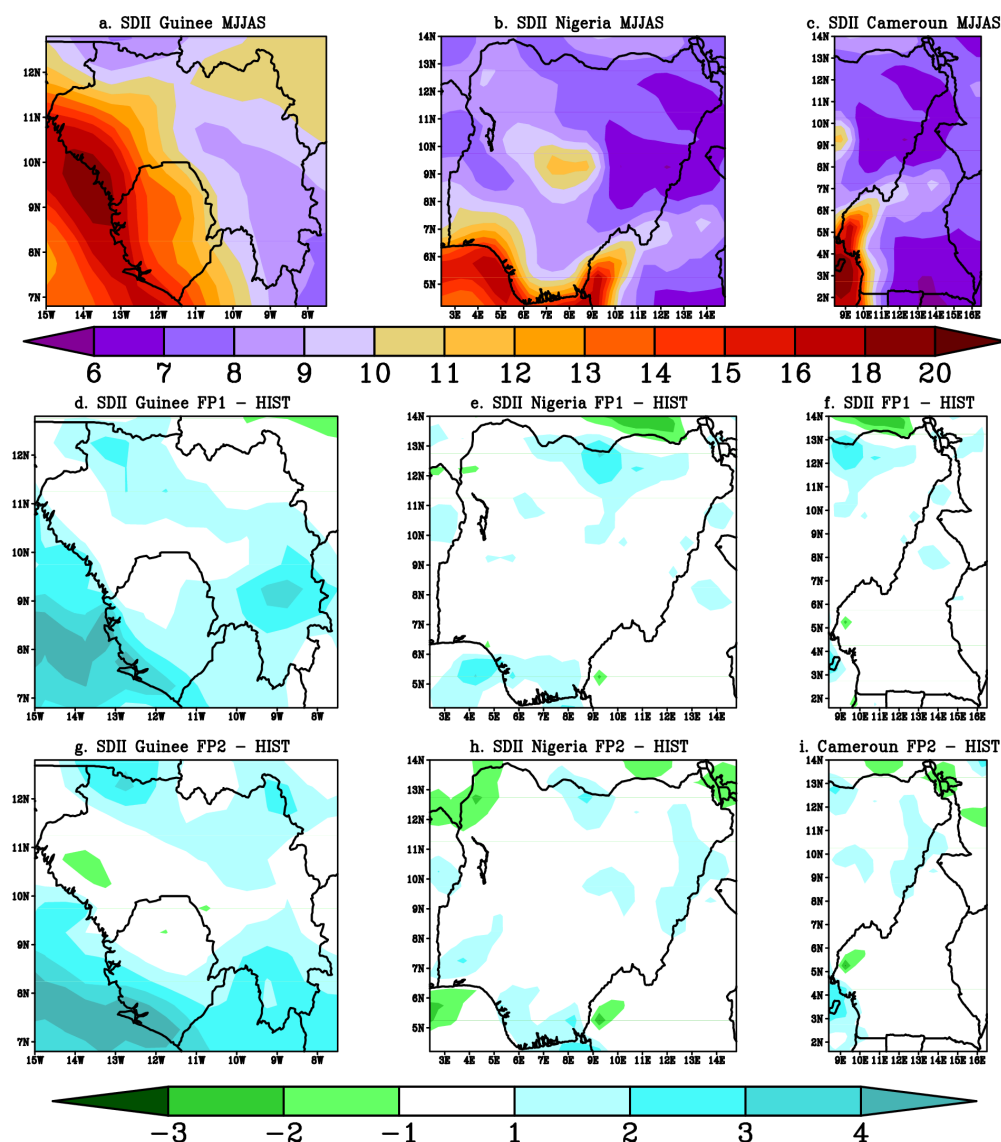


Fig. 4. Intensité des jours pluvieux (mm/jour) pendant la saison estivale (mai à septembre) pour la période historique 1958-1987 (en a, b, c) et les changements dans le futur proche 2008-2037 sous le réchauffement 1.5°C (en d, e, f) et le futur proche 2030-2059 sous le réchauffement 2°C (en g, h, i) sur la Guinée, le Nigeria et le Cameroun pour la moyenne d'ensemble (Ens/RCMs) des modèles climatiques régionaux CORDEX

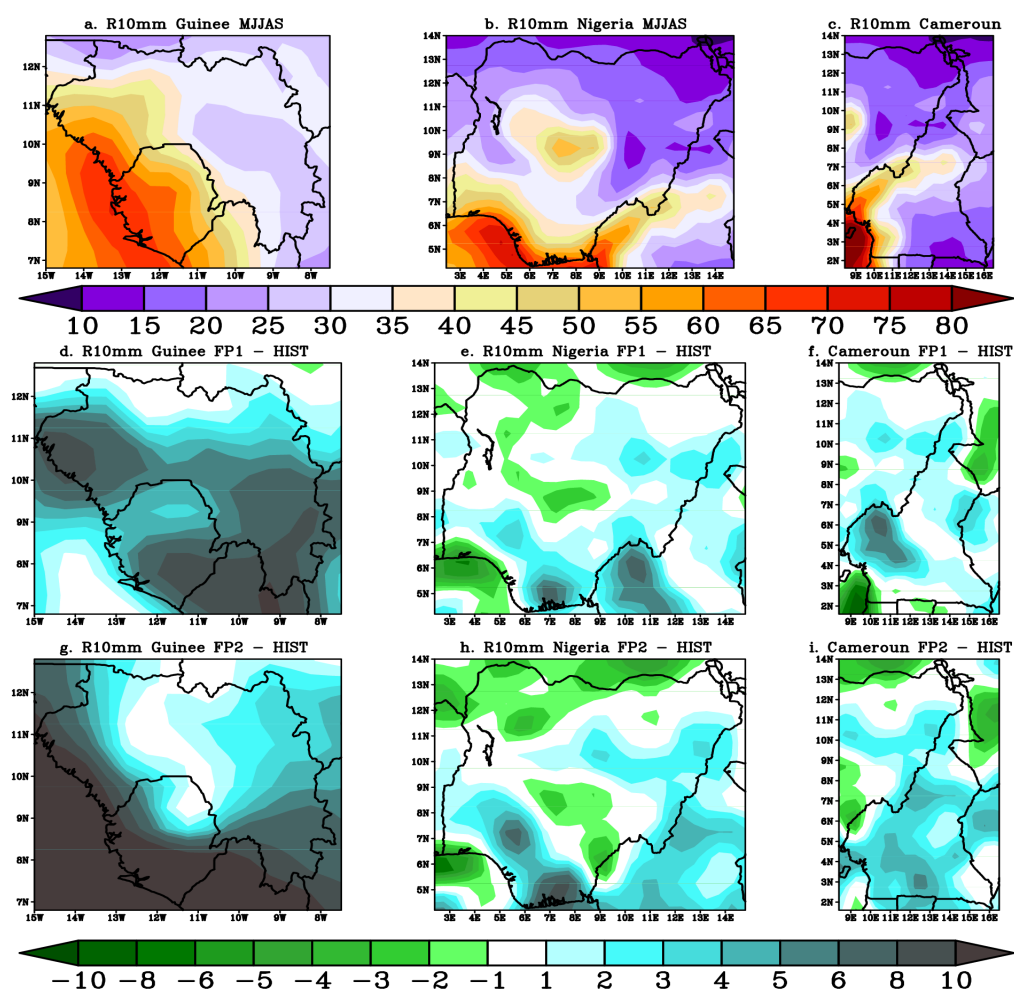


Fig. 5. Nombre de jours de pluies intenses (jour) pendant la saison estivale (mai à septembre) pour la période historique 1958-1987 (en a, b, c) et les changements dans le futur proche 2008-2037 sous le réchauffement 1.5°C (en d, e, f) et le futur proche 2030-2059 sous le réchauffement 2°C (en g, h, i) sur la Guinée, le Nigeria et le Cameroun pour la moyenne d'ensemble (Ens/RCMs) des modèles climatiques régionaux CORDEX

Dans le but de continuer à diagnostiquer les changements attendus sur les extrêmes pluviométriques dans les trois régions considérées, le cumul maximal de pluie sur un jour est représenté sur la figure 6. Sur la période historique (1958-1987), l'analyse montre que c'est en Guinée et au Nigeria qu'on obtient le plus grand cumul maximal de pluie sur un jour au cours de la période MJJAS comparé au Cameroun (Figure 6a, b, c). Néanmoins, comparé au Nigeria, le cumul maximal de pluie sur un jour est plus important en Guinée (Figure 6a, b). Les résultats montrent une augmentation du cumul maximal de pluie sur un jour dans presque l'ensemble des trois pays considérés dans le futur proche (Figure 6d-i). Néanmoins, comparé au Cameroun, le cumul maximal de pluie sur un jour sera plus important au nord et au centre de la Guinée et du Nigeria (Figure 6d-i).

La figure 7 montre la distribution spatiale du 95^{ème} percentile des pluies journalières (qui caractérise les pluies pendant les journées très humides). Les résultats montrent une distribution spatiale du 95^{ème} percentile similaire à celle du nombre de jours pluvieux dans les trois pays (Figure 7a, b, c). Les fortes valeurs du 95^{ème} percentile des pluies journalières sont simulées au sud-ouest de la Guinée entre les latitudes 9°N et 11°N (figure 7a), au centre et au sud du Nigeria (figure 7b) et au sud-ouest du Cameroun entre les latitudes 2°N et 6°N (figure 7c). Dans le futur proche, on assistera à une augmentation du 95^{ème} percentile des pluies journalières au sud et au centre de la Guinée sous les deux scénarios de réchauffement (FP1 et FP2) (figure 7d, g). Cet indice se renforcera également au sud du Nigeria et du Cameroun sous le scénario de réchauffement FP2 (figure 7h, i). Le 95^{ème} percentile des pluies journalières diminuera au nord des trois pays sous les deux scénarios de réchauffement (FP1 et FP2). Cette baisse sera plus importante sur le Nigeria sous le scénario de réchauffement FP2 (figure 7h).

L'étape suivante consiste à diagnostiquer les changements futurs du nombre maximal de séquences humides (CWD) et celui des séquences sèches (CDD) qui sont deux indices climatiques très cruciaux pour l'agriculture dans les trois pays considérés.

La distribution spatiale des jours consécutifs humides est présentée sur la figure 8. La moyenne d'ensemble des modèles simule les maxima de jours consécutifs humides au sud de la Guinée, au sud et au centre du Nigéria et au sud-ouest du Cameroun (figure 8a, b, c). En outre, comparé au Mont Cameroun (6°N, 12°E), c'est au niveau des montagnes du Fouta Djallon (10°N, 13°W) en Guinée et du plateau de Jos (10°N, 7.5°E) au Nigéria qu'on obtient le plus grand nombre de jours consécutifs humides. Dans le futur proche, on assistera à une baisse du nombre de jours consécutifs humides au sud-ouest et au centre de la Guinée sous le scénario de réchauffement FP1 et sur presque toute la Guinée sous le scénario de réchauffement FP2 (figure 8d, g). A l'échelle du Nigéria, on assistera à une baisse de cet indice au sud et au centre du pays sous le scénario de réchauffement FP1 et au sud-est du pays sous le scénario de réchauffement FP2 (figure 8e, h). Cet indice augmentera légèrement au sud-est de la Guinée et au nord-est du Nigéria sous le scénario de réchauffement FP1 et au nord-ouest du Nigéria sous le scénario de réchauffement FP2. Sur le Cameroun, le nombre de jours consécutifs humides diminuera au sud-ouest et au nord du pays et augmentera légèrement au sud-est du pays sous les deux scénarios de réchauffement. La figure 9 présente la distribution spatiale des jours consécutifs secs. La moyenne d'ensemble des modèles simule les maxima de jours consécutifs secs au nord de la Guinée et du Nigéria (figure 9a, b). En outre, comparé au Nigeria et au Cameroun, c'est en Guinée qu'on obtient le plus grand nombre de jours consécutifs secs. Dans le futur proche, on assistera à une baisse du nombre de jours consécutifs secs sur toute la Guinée, au nord et au centre du Nigéria sous les scénarios de réchauffement FP1 et FP2 (figure 9d, g, e, h). Cet indice augmentera légèrement au nord du Nigéria sous les deux scénarios de réchauffement (figure 9e, h) et diminuera au nord du Cameroun sous le scénario FP2 (figure 9i).

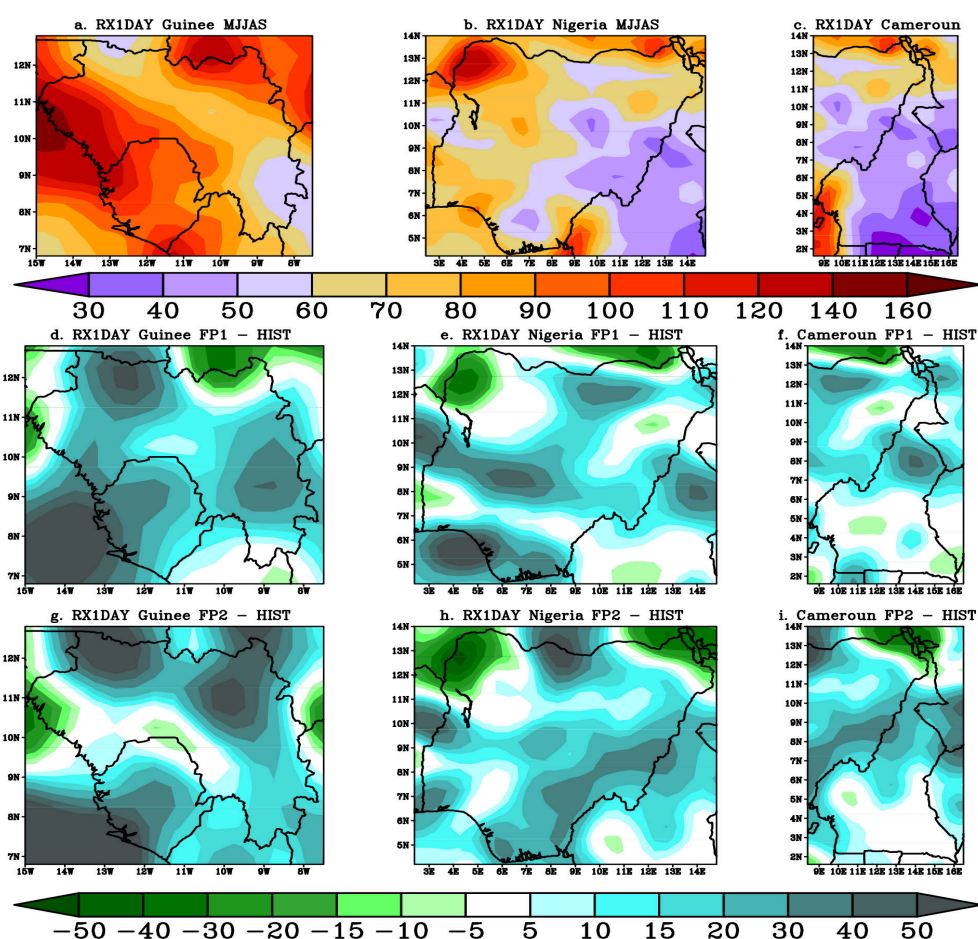


Fig. 6. Cumul maximal de pluie sur un jour (mm) pendant la saison estivale (mai à septembre) pour la période historique 1958-1987 (en a, b, c) et les changements dans le futur proche 2008-2037 sous le réchauffement 1.5°C (en d, e, f) et le futur proche 2030-2059 sous le réchauffement 2°C (en g, h, i) sur la Guinée, le Nigeria et le Cameroun pour la moyenne d'ensemble (Ens/RCMs) des modèles climatiques régionaux CORDEX

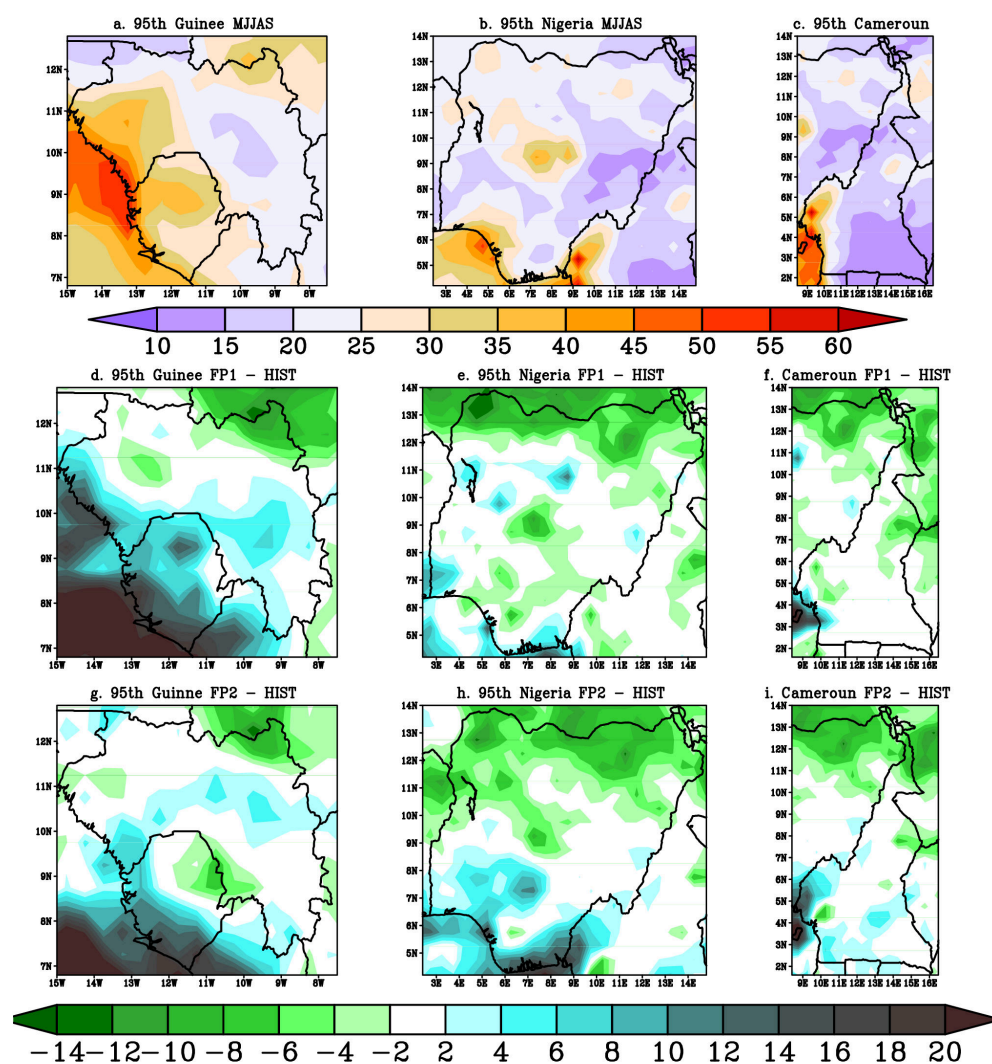


Fig. 7. Le 95^{ème} percentile des pluies journalières (mm/jour) pendant la saison estivale (mai à septembre) pour la période historique 1958-1987 (en a, b, c) et les changements dans le futur proche 2008-2037 sous le réchauffement 1.5°C (en d, e, f) et le futur proche 2030-2059 sous le réchauffement 2°C (en g, h, i) sur la Guinée, le Nigeria et le Cameroun pour la moyenne d'ensemble (Ens/RCMs) des modèles climatiques régionaux CORDEX

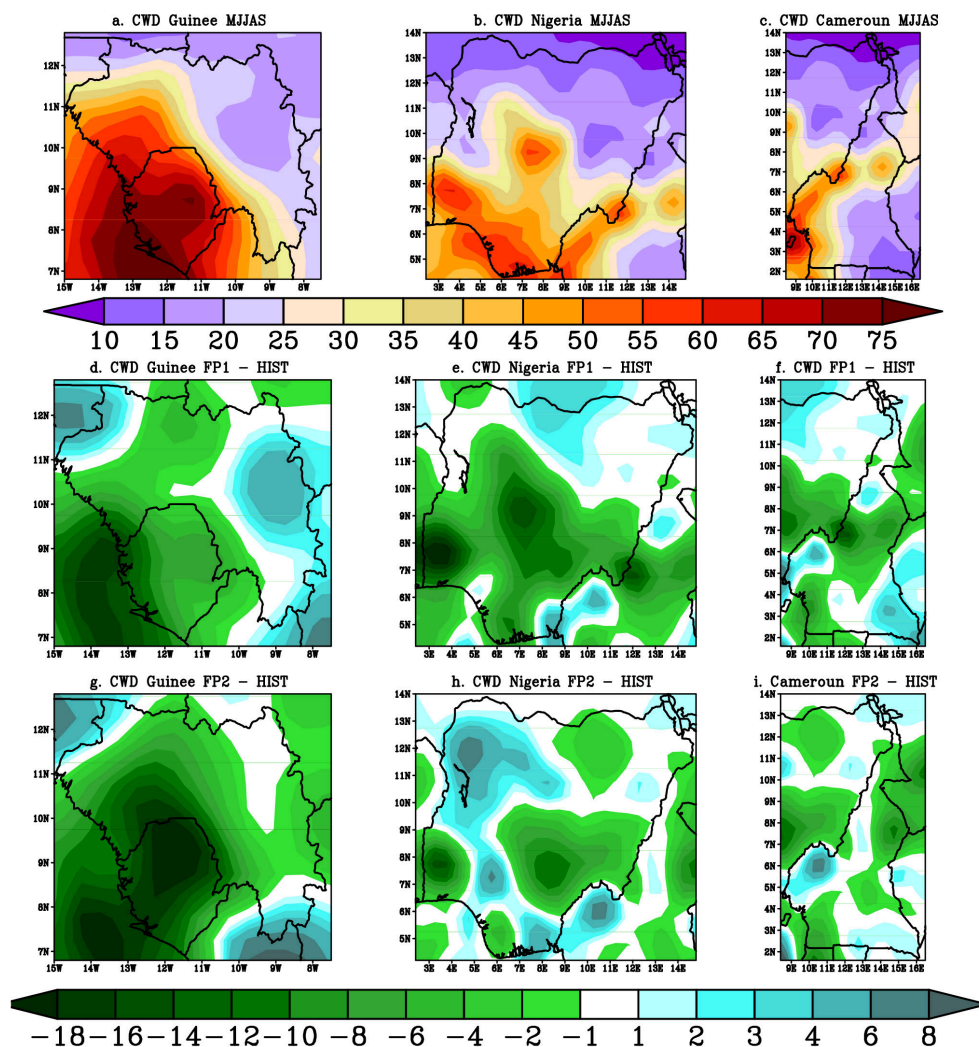


Fig. 8. Nombre de jours consécutifs humides (jour) pendant la saison estivale (mai à septembre) pour la période historique 1958-1987 (en a, b, c) et les changements dans le futur proche 2008-2037 sous le réchauffement 1.5°C (en d, e, f) et le futur proche 2030-2059 sous le réchauffement 2°C (en g, h, i) sur la Guinée, le Nigeria et le Cameroun pour la moyenne d'ensemble (Ens/RCMs) des modèles climatiques régionaux CORDEX

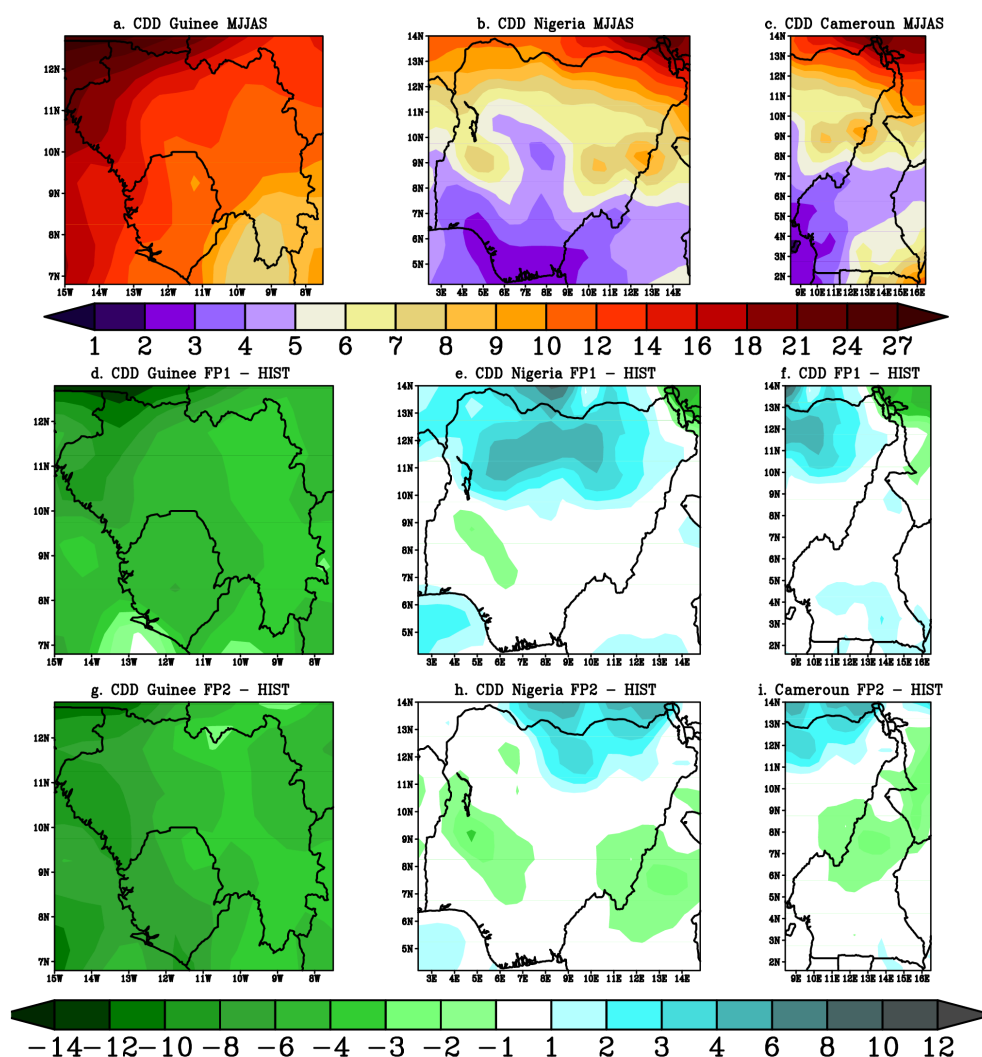


Fig. 9. Nombre de jours consécutifs secs (jour) pendant la saison estivale (mai à septembre) pour la période historique 1958-1987 (en a, b, c) et les changements dans le futur proche 2008-2037 sous le réchauffement 1.5°C (en d, e, f) et le futur proche 2030-2059 sous le réchauffement 2°C (en g, h, i) sur la Guinée, le Nigeria et le Cameroun pour la moyenne d'ensemble (Ens/RCMs) des modèles climatiques régionaux CORDEX

En définitive, la diminution attendue sur les jours pluvieux dans le futur proche pourrait impacter négativement la disponibilité de la ressource en eau. Les résultats issus des travaux de [14] ont montré que la baisse du nombre de jours de pluie et l'augmentation des séquences sèches dans le futur pourraient être due à un affaiblissement de l'intensité des systèmes convectifs qui apportent la pluie. Les projections montrent une augmentation de l'intensité des pluies et du cumul maximal de pluie sur un jour. Cela pourrait participer à la recharge des nappes et la valorisation de ces excédents d'eau dans des bassins de rétention peut améliorer la disponibilité de l'eau pour des besoins agricoles durant la saison sèche. Néanmoins, une forte augmentation des extrêmes de pluie pourrait engendrer des conséquences néfastes telles que les inondations à l'image de celles connues par certains pays d'Afrique de l'Ouest en 2012 dont l'assainissement fait défaut et les mauvais aménagements. A l'échelle du Sénégal, les résultats issus des travaux de [15] ont montré que les impacts des réchauffements globaux de 1.5°C et 2°C sur l'hydroclimatologie pourraient avoir des conséquences négatives sur les activités socio-économiques notamment dans les domaines de l'agriculture, de la santé, etc. Sadio et al. (2021) [16] ont également montré que la diminution des précipitations dans le futur va accentuer le stress hydrique et réduire la disponibilité des ressources hydriques pour l'alimentation.

4 CONCLUSION

Dans cette étude, les données de pluie issues de cinq (5) modèles climatiques impliqués dans le projet CORDEX ont été analysées afin d'étudier les changements futurs sur les extrêmes pluviométriques sous les scénarios d'un réchauffement de 1.5°C et 2°C dans trois régions orographiques d'Afrique (Guinée, Nigeria et Cameroun).

Les résultats projettent une augmentation du nombre de jours pluvieux sur toute la Guinée sous les scénarios FP1 et FP2 à l'horizon 2059. Sur le Nigéria, cet indice diminuera au nord du pays sous les scénarios FP1 et FP2 et augmentera au sud-est et nord-est du pays sous le scénario FP2. Sur le Cameroun, cet indice diminuera dans tout le pays sous le réchauffement FP1 et augmentera au sud-est et nord-est du pays sous le réchauffement FP2. On assistera également à une légère augmentation de l'intensité des pluies sur les parties nord et sud-ouest de la Guinée sous les deux scénarios. Le cumul maximal de pluie sur un jour augmentera dans presque l'ensemble des trois pays considérés dans le futur proche sous les deux scénarios. Néanmoins, comparé au Cameroun, le cumul maximal de pluie sur un jour sera plus important au nord et au centre de la Guinée et du Nigeria. On assistera à une baisse du nombre de jours consécutifs humides au sud-ouest et au centre de la Guinée sous le scénario FP1 et sur presque toute la Guinée sous le scénario FP2. A l'échelle du Nigéria, on assistera à une baisse de cet indice au sud et au centre du pays sous le scénario FP1 et au sud-est du pays sous le scénario FP2. Cet indice augmentera légèrement au sud-est de la Guinée et au nord-est du Nigéria sous le scénario FP1 et au nord-ouest du Nigéria sous le scénario FP2. Sur le Cameroun, le nombre de jours consécutifs humides diminuera au sud-ouest et au nord du pays et augmentera légèrement au sud-est du pays sous les deux scénarios de réchauffement. Le nombre de jours consécutifs secs diminuera sur toute la Guinée, au nord et au centre du Nigéria sous les deux scénarios.

Finalement, cette étude montre que les trois régions étudiées auront besoin d'une irrigation supplémentaire comme stratégie d'adaptation pour la protection du secteur agricole à l'horizon 2059 sous les scénarios FP1 et FP2 en raison de la diminution du nombre de jours consécutifs humides. Malgré les résultats obtenus dans ce travail, d'autres études complémentaires sont nécessaires pour expliciter les impacts des scénarios FP1 et FP2 sur la variabilité intra-saisonnière et interannuelle des vagues de chaleur dans les trois régions étudiées (Guinée, Nigeria et Cameroun) pour le climat futur.

REMERCIEMENTS

Ce travail est soutenu en partie par l'Université Assane SECK de Ziguinchor (Sénégal), le Fond d'Impulsion de la Recherche Scientifique et Technique (FIRST) du MESRI (Sénégal) et le LMI-ECLAIRS2. Nous adressons également nos remerciements à Mouhammadou Bamba Sylla (AIMS, Rwanda) qui nous a fourni les données.

REFERENCES

- [1] IPCC, "Abstract for Policymakers. Climate Change, (2013). The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung", University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013.
- [2] Touré H.A., Traoré K., and N. Kyei-Baffour, "Assessment of changing trends of daily precipitation and temperature extremes in Bamako and Segou in Mali from 1961-2014", *Weather and Climate Extremes*; 18 (2017) 8–16, 2017.
- [3] Ly M., Traore S.B., Alhassane A., and B. Sarr, "Evolution of some observed climate extremes in the West African Sahel", *Wea. Climate Extremes*; 1, 19–25, doi: 10.1016/j.wace.2013.07.005, 2013.
- [4] Sarr B., "Return of heavy downpours and floods in a context of changing climate. Climate change in the Sahel. A challenge for sustainable development", *AGRHMET Monthly Bulletin (Special Issue)*; pp. 9–11, 2011.
- [5] Ali A., "Climate variability and change in the Sahel. Understanding the current situation by observing. Climate change in the Sahel. A challenge for sustainable development", *AGRHMET Monthly Bulletin (Special Issue)*; pp. 17–20, 2011.
- [6] Lamptey B., "An analytical framework for estimating the urban effect on climate. International, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)", *Cambridge Journal of Climatology*; 30, 72–88, 2009.
- [7] Klutse, N. A. B., Sylla, M. B., Diallo, I., Sarr, A., Dosio, A., Diedhiou, A., Kamga, A., Lamptey, B., Ali, A., Gbobiyan, O. E., Owusu, K., Lennard, C., Hewitson, B., Nikulin, G., Panitz, H. J. & Büchner, M., "Daily characteristics of West African summer monsoon precipitation in CORDEX simulations", *Theoretical and Applied Climatology*; 123 (1-2), 369-386, 2016.
- [8] Dinku T., Ceccato P., Grover-Kopec E., Lemma M., Connor S. J., and C. F. Ropelewski, "Validation of satellite rainfall products over East Africa's complex topography" *Int. J. Remote Sens*, 8 (7): 1503–1526, doi: 10.1080/01431160600954688, 2007.
- [9] Harris I, Jones PD, Osborn TJ, Lister DH., "Updated high resolution grids of monthly climatic observations - the CRU TS3.10 Dataset", *Int. J. Climatol*, 2013.
- [10] Giorgi F, Jones C, Asrar G., "Addressing climate information needs at the regional level: the CORDEX framework", *World Meteorol Org Bull*; 58: 175–183, 2009.
- [11] Peterson T.C., Folland C., Gruza G., Hogg W., Mokssit, A., and N. Plummer, "Report on the Activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapports 1998-2001", WMO: Geneva, Switzerland, 2001.
- [12] Akinsanola A.A.; Ajayi V.O.; Adejare A.T.; Adeyeri O.E.; Gbode I.E.; Ogunjobi K.O.; Nikulin G.; and A.T. Abolude, "Evaluation of rainfall simulations over West Africa in dynamically downscaled CMIP5 global circulation models", *Theor Appl Climatol*; DOI 10.1007/s00704-017-2087-8, 2017.

- [13] Nikiema P.M.; Sylla M.B.; Ogunjobi K.; Kebe I.; Gibbaa P. and F. Giorgi, "Multi-model CMIP5 and CORDEX simulations of historical summer temperature and precipitation variability's over West Africa", *Int. J. Climatol*; DOI: 10.1002/joc.4856, 2016.
- [14] Lay ML, Galle S., "Variabilités interannuelle et intrasaisonnière des pluies aux échelles hydrologiques. La mousson ouest-africaine en climat soudanien", *Hydrological Sciences Journal*; 50 (3): 524, 2005.
- [15] Mbaye M.L., Sylla M.B., Tall M., "Impacts of 1.5 and 2.0°C global warming on water balance components over Senegal in West Africa", *Atmosphere*; 10 (11): 712, 2019.
- [16] Sadio P.M., Mbaye M.L., Diatta S., Sylla M.B., "Variabilité et changement hydroclimatiques dans le bassin-versant du fleuve Casamance (Sénégal)", *La Houille Blanche*; 6: 89–96, 2020.

التعلم بين القلب والدماغ

[The Learning between Heart and Brain]

علي بن سالم بن راشد الغافري

أستاذ مساعد، كلية التربية والآداب، جامعة صحار، سلطنة عُمان

Ali Salim Rashid Alghafri

Assistant Professor, Faculty of Education and Art, Sohar University, Sohar, Sultanate of Oman

Copyright © 2021 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 pure scientific interpretation, along with educational and psychological interpretation in the field of learning, is important in understanding and realizing the learner's responses in the educational learning process, and exploring the results of research in the heart and brain and clarifying the importance of knowledge in heart and brain pedagogy. Heart and brain properties. The first of these characteristics between the heart and brain in the field of learning is the property of the heart health being linked to the continuity of learning and the activity of the brain, also the characteristic of neurons in the heart and the brain that generate perception and understanding, as well as the memory property in the heart and brain have an effect on learning, in addition to the characteristic of the heart, the beginning of learning in the brain, Where those characteristics were linked to the educational learning process and hadiths of the Messenger, may God bless him and grant him peace which related to these characteristics, to produce an integrated understanding between the heart and brain in each characteristic.

KEYWORDS: Heart, Brain, Characteristics, Memory, Learning, Behavior.

ملخص: يعتبر التفسير العلمي البحت بجانب التفسير التربوي والنفسى في مجال التعلم له أهمية في فهم وإدراك استجابات المتعلم في العملية التعليمية، واستكشاف نتائج البحوث في القلب والدماغ وتوضيح أهمية المعرفة في تربيوات القلب والدماغ تساعد على ظهور نواتج التعلم المختلفة بمستوى تتحقق فيه الأهداف المخطط لها نتيجة لإدراك خصائص القلب والدماغ. وأول هذه الخصائص بين القلب والدماغ في مجال التعلم هي خاصية ارتباط صحة القلب باستمرار التعلم ونشاط الدماغ، أيضاً خاصية الخلايا العصبية في القلب والدماغ تولد الإدراك والفهم، كذلك خاصية الذاكرة في القلب والدماغ لهما تأثير على التعلم، بالإضافة إلى خاصية القلب بداية التعلم في الدماغ، حيث تم ربط تلك الخصائص بالعملية التعليمية وأحاديث الرسول صلى الله عليه وسلم ذات الصلة بتلك الخصائص، لينتج فهما متكاملًا بين القلب والدماغ في كل خاصية.

كلمات دلالية: القلب، الدماغ، خصائص، الذاكرة، التعلم، السلوك.

1. تقديم

إن الاتجاه السائد في العلوم الاجتماعية والإنسانية هو التفسير النظري والابتعاد عن التفسير من منظور العلم البحت [1] (Davis, 2004). لذلك، يعتبر دراسة التعلم في الدماغ والقلب منظور حديث في مجال التربية اليوم. إن القلب والدماغ في جسم الإنسان يؤثر بعضهما البعض، فالقلب يتواصل مع الدماغ فيؤثر على المعلومات الواردة إليه، والإدراك الحسي، والعواطف، وصحة الجسم، فعندما يواجه الفرد مواقف في حياته كالاختبار أو الشعور بالخوف والقلق أو مواجهة مواقف جديدة، فإن ذلك يؤدي إلى زيادة نبضات القلب، وضغط الدم وزيادة معدل التنفس وتحفيز عمليات الدماغ. وقد اهتم العلماء بدراسة آليات عمل القلب ووظائف بنية الدماغ بواسطة التقنيات المختلفة، مثل توظيف نتائج هذا النوع من البحوث في تعلمه وتعليمه؛ وقد ذكر الشماخ [2] (2009) بأن القرآن الكريم أشار لكلمة القلب للإدراك والفكر والعقل، ومن ذلك قول الله تعالى: "أَفَلَمْ يَسِيرُوا فِي الْأَرْضِ فَتَكُونَ لَهُمْ قُلُوبٌ يَعْقِلُونَ بِهَا" (الحج، الآية 46). لذلك فإن توظيف نتائج بحوث

ودراسات القلب والدماغ في مجال التعلم له فائدة في فهم وتفسير استجابات المتعلم في المواقف التعليمية المختلفة، فلها أهمية في الكشف عن أسباب حدوث تعلم الفرد وسلوكياته وعواطفه.

2. مشكلة الدراسة

يؤكد كل من راي وسنسكي [3] (Wray & Sensky, 2001) أن أمراض القلب في مرحلة الطفولة تؤثر سلباً على وظيفة الإدراك والقدرة الأكاديمية، وأن إجراء عملية جراحة القلب للأطفال لا يحسن من قدراتهم الإدراكية والمعرفية. وبالتالي لابد من مراعاة الطلاب الذين يعانون من أمراض القلب والاهتمام بهم والتعامل معهم وفق حالتهم، وأن يكون معلمهم على دراية بهم وبكيفية التعامل معهم ومراعاتهم في عملية التعليم والتعلم، والاهتمام باحتياجاتهم، وإلا فسيكون هناك نقص لديهم في تحقيق أهداف العملية التعليمية التي يقدمونها لطلابهم والمتعلقة بعلم القلب. كما يذكر الغافري [4] (Alghafri, 2018) أنه من الضرورة بمكان دراسة التعلم في الدماغ البشري خلال عمر الإنسان لفهم عملية الإدراك ولتحسين المهارات والقدرات لدى الفرد، مثل التفكير والعاطفة والسلوك، ومن غير ذلك ستكون هناك فجوة بين التعليم والتعلم. وتؤكد جوسوامي [5] (Goswami, 2008) بأن نقص فهم عمليات التفكير وما يرتبط بها من عواطف عند تعلمها يؤدي إلى نقص في تفسير سلوكيات التعلم المختلفة. كما يذكر الغافري [6] (2018) بأن تفسير الجانب النظري في علم النفس لا يتم دون الاستناد إلى الجانب العلمي البحت كالعلوم الطبية والعصبية. ومن هذا المنطلق، قام الباحث بالبحث في مختلف المصادر المتخصصة، فكان هناك ندرة في المصادر التي تتطرق إلى تطبيق علوم القلب والدماغ في مجال تعليم الفرد وتعلمه. كما تنفرد هذه الورقة بعرض معلومات في مجال علم القلب وعلم الدماغ وربطهما في الجوانب ذات الصلة في التعلم ومواقف الفرد في البيئة التعليمية، كما أنها تتناول التفاعل بينها وأثر ذلك في عملية التعلم. لذلك، جاءت هذه الورقة لتفسر بعض جوانب التعلم من منظور علمي للقلب والدماغ.

3. أهداف الدراسة

إن الدراسة الحالية تبحث في التعلم من منظور القلب والدماغ؛ فهي تهدف إلى:

- استكشاف نتائج البحوث والدراسات العلمية في القلب والدماغ المرتبطة بعملية التعلم.
- توضيح أهمية معرفة التعلم الذي يحدث لدى المتعلم من خلال مجال التربية القلبية والدماغية في مجال علم النفس التربوي لتفسير نواتج التعلم المختلفة التي تتكون لدى الفرد.

4. أهمية الدراسة

تعتبر الأفكار الأساسية لأرسطو فيما يتعلق ببنية ووظائف القلب والدماغ بمثابة تصور لأهميتهما في سلوك وأفكار وعواطف الإنسان [7] (Oleksowicz, 2018). لذلك، من الأهمية بمكان في هذا العصر أن يكون ذوي الاختصاص في علم التربية وعلم النفس على دراية بالجانب العلمي البحت بشكل متزامن مع اختصاصهم، وذلك لتفسير عملية التعليم والتعلم وما يرتبط بهما من النمو العقلي والوجداني والمهاري ومن صحة نفسية وعضوية. خاصة، وأنه ثبت الآن أن السبب الرئيسي في تطور مرض القلب الإقفاري إلى قصور القلب هو التنشيط العصبي والذي له علاقة بالدماغ [8] (Govoni, Politi, & Vanoli, 2020) مما يشير إلى ارتباط القلب بالدماغ في جوانب مختلفة ويؤثر على بعضهما البعض ويتفاعل كل منهما مع الآخر لحدوث صحة أو مرض أو تعلم أو تفكير أو عاطفة أو سلوك. وقد اقترح الغافري [6] (2018) إجراء دراسة في تأثير كل من الدماغ البشري والقلب البشري على التفكير والعاطفة والذاكرة والتي ترتبط جميعها ارتباطاً وثيقاً بالتعلم. لذلك، فإن الدراسة الحالية تتطرق إلى استقصاء التعلم من منظور علم القلب وعلم الدماغ، وستساهم بمشيئة الله تعالى في توفير معرفة علمية تربوية للمربين والمختصين في علم التربية وعلم النفس.

5. مصطلحات الدراسة

القلب: عبارة عن عضو يقوم بضخ الدم المحمل بالأكسجين إلى جميع أنحاء الجسم ويعود بالدم المحمل بثاني أكسيد الكربون من أنحاء الجسم إلى القلب عبر شبكة من الأوعية الدموية [9] (أبو المجد، 1999).

الدماغ: عبارة عن عضو يتحكم في أنشطة الجسم والعاطفة والذاكرة والتعلم، كما يُعتقد أن الدماغ يؤثر على استجابة الجهاز المناعي للمرض والاستجابة الجزئية للعلاج [10] (Carey, 2018).

التعليم: عبارة عن تصميم مخطط لا يشمل التدريس، وهو خاضع للضبط والتوجيه والتحكم؛ لذلك فهو عملية منظمة يمارسها المعلم لتحقيق الأهداف المخططة للمتعلم [11] (الغافري، 2020).

التعلم: يحدث من خلال الخبرات التي تمر على المتعلم، ويتكسب من خلالها المعارف والمهارات والاتجاهات والقيم. والتعلم هو تغيير وتعديل في السلوك الثابت نسبياً والنواتج عن الممارسة والتدريب [12] (زيتون، 2001).

6. محددات الدراسة

المحددات الموضوعية: يقتصر البحث الحالي على عرض نظري للتعلم من منظور المعرفة العلمية للقلب والدماغ.

7. منهجية الدراسة

تتبع الدراسة الحالية المنهج الاستقرائي، إذ يعتمد هذا المنهج على الاستنتاج من خلال وصف الموضوع بدقة، وفي المنهج الاستقرائي يتم الانتقال من الجزء إلى الكل، حيث يبدأ الباحث بدراسة الجزئيات ثم يعمم النتائج على الكل من خلال اتباع خطوات البحث العلمي [13] (Gay, Mills, & Airasian). وبالتالي هذه الورقة تتناول تفسير نتائج بحوث ودراسات القلب والدماغ في التعلم وفهم استجابات المتعلم لهما والنتائج التي ترتبط بهما، حيث أسلوب العرض المستخدم هو سرد النقاط التي توضح منظور القلب والدماغ في التعلم.

8. خصائص التعلم في القلب والدماغ

إن كل عضو من أعضاء الفرد ومن بينهم الدماغ وما يحدث فيه من عمليات يتأثر بمعدل ضخ القلب [14] (مصباح، 2020). ويمكن ربط ذلك بنظرية المثل لأفلاطون، ومن ضمنها مبدأ المعرفة بالإحساس الذي يشير إلى أن الإحساس هو أول مراحل المعرفة وذلك لأنه لا يمكن بدونه حدوث فهم أو إدراك [15] (Hunt, 1993)، ويذكر حسون [16] (1989) أن المعرفة ترتبط فسيولوجيا بتعلم الفرد كمرحلة الإحساس والقبول والظن إما إيجاباً أو سلباً، فالمعرفة لها ارتباط بصفة التقبل والدافعية لتستقر معلوماتها في الدماغ البشري التي كان مصدرها القلب في مرحلتها الأولى، وهذا أمر فطري وطبيعي في المخلوقات، إذ قال إبراهيم عليه الصلاة والسلام لربه في الآية 260 من سورة البقرة: "... أَرِنِي كَيْفَ تُخَيِّمُ الْمَوْتَى" قَالَ أُولَمْ تُؤْمِنُ بِاللَّهِ وَلَكِنْ لِيُظَمِّنَ قَلْبِي، فما اطمئن له القلب قبله العقل ونفذته الجوارح من خلال تعلمه، وكذلك فطرة اهتداء قلب المولود حديث الولادة إلى أمه فور ولادته وملامسة دقات قلبها له. فالقلب والدماغ يؤثر بعضهما البعض ويؤديان إلى التعلم. فمثلاً يمكن توفير بيئة تعليمية مريحة وجاذبة عند تعلم الطلاب، وذلك من خلال إثارة دافعية الطلاب بالتعزيز المعنوي المادي، والتنوع في استراتيجيات التعلم النشط، ومن خلال الاتصال الفعال، والمشاركة والتفاعل [17] (Cefai, & Cavioni, 2016)، وبالتالي تعمل هذه البيئة على زيادة التركيز والفهم والإدراك وتحقيق التعلم المدعوم بجاني القلب والدماغ. ومن هذا المنطلق، فإن معرفة خصائص القلب والدماغ المرتبطة بالتعلم تساعد على فهم أعمق لاستجابات المتعلمين وسلوكياتهم وكيفية التعامل معها، ومن بين هذه الخصائص الآتي:

8.1. خاصية: ارتباط صحة القلب باستمرار التعلم ونشاط الدماغ.

قام باحثون في جامعتي لندن وأكسفورد في بريطانيا وجامعة لوزان في سويسرا بإجراء دراسة علمية تحليلية للمتغيرات الوراثية لعينة مكونة من 543733 فرداً من الذكور والإناث في المجتمع الأوروبي، حيث أجروا اختباراً لـ 162 متغيراً وراثياً لها ارتباط باستمرار التعليم لدى هذه العينة، وكشفت نتائج هذه الدراسة بأن دراستهم بعد مرحلة المدرسة بمعدل 3.5 سنوات، والتي تعادل فترة الحصول على درجة جامعية، تساهم بتقليل خطر الإصابة بأمراض القلب التاجية بنسبة 30% [18] (Tillmann & et al. 2017). ومن جانب الدماغ فإن المعلومات المعرفية تتطور تدريجياً بشكل مستمر في الفرد عن طريق ترميزها أثناء عملية الاتصالات بين الألياف العصبية أثناء آلية التعلم التدريجي [5] (Goswami, 2008)، لأن الاتصال بين الخلايا العصبية خلال عمر الإنسان وما يحدث من تشفير فيها يكون مستمراً [10] (Carey, 2018). ولذلك فإنه من المهم حث الطلاب المدارس على مواصلة تعليمهم ما بعد المرحلة المدرسية لتحسين الصحة وزيادة الفهم لعمل القلب والدماغ معاً، بالإضافة إلى زيادة وعي المجتمع من خلال قنوات التواصل الاجتماعي والإعلامي والتدريب والمحاضرات حول أهمية استمرار التعليم وعلاقته بصحة القلب وعمل الدماغ. ويمكن الاستدلال بذلك من السنة المطهرة في الحديث الذي رواه البخاري ومسلم، فعن النُّعْمَانِ بْنِ بَشِيرٍ، يَقُولُ: سَمِعْتُ رَسُولَ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ يَقُولُ: "... أَلَا وَإِنَّ فِي الْجَسَدِ مُطْعَةً: إِذَا صَلَحَتْ صَلَحَ الْجَسَدُ كُلُّهُ، وَإِذَا فَسَدَتْ فَسَدَ الْجَسَدُ كُلُّهُ، أَلَا وَهِيَ الْقَلْبُ".

8.2. خاصية: الخلايا العصبية في القلب والدماغ تولد الإدراك والفهم

كل خلية عصبية في القلب، التي يبلغ عددها أكثر من أربعين ألف خلية عصبية، تقوم بإفراز الهرمونات وتخزين المعلومات التي ترسل إلى الدماغ بالإضافة إلى تنظيم معدل ضربات القلب الذي يتغير وفقاً للموقف والحالة النفسية والعاطفية للإنسان، والنظام العصبي في القلب له طريقته الخاصة في معالجة المعلومات مما تؤثر جميعاً في تفكير الفرد [19] (McCraty, 2015)، إذ تعمل هذه المعلومات بتوجيه خلايا الدماغ لتساعد على الإدراك والفهم [20] (Pearsall, 1998). كما أن آلية الخلايا العصبية في الدماغ لإنتاج المعرفة تحت على التعلم والتفكير [21] (Hebb, 2002)، فالتعلم في الدماغ يحدث عن طريق عملية معقدة سببها أنظمة متعددة الحواس تتكامل وترابط لحصول الفهم والتعلم ذو معنى [22] (Alghafri, & Hairul, 2008). كما أوضح بعض علماء النفس، أن تهيئة عمليات التفكير تكون منسجمة مع الحواس، فيعمل على انسيابية الأفكار [23] (Beaver, 1989). وهذا يعني أنه بالإضافة إلى أن القلب هو مركزاً للعواطف وهو محور للخوف والقلق والحزن والسعادة والحب والكراهية، فإنه كذلك مركزاً للفهم والإدراك وله علاقة بالتعلم في الدماغ [24] (الحسن، 2016). وهذا ما أكدته ضمناً دراسة [25] سالم (2016) حيث هدفت دراستها إلى الكشف عن العلاقة بين قلق الاختبار موضع الضبط والضغط النفسية والتحصيل الدراسي لدى طالبات كلية التربية بجامعة حائل بالملكة العربية السعودية والتي تكونت عينة الدراسة فيها من 297 طالبة من تخصصات مختلفة. ومن النتائج التي أظهرتها الدراسة، وجود علاقة سالبة (عكسية) دالة احصائياً بين قلق الاختبار والتحصيل الدراسي، والذي يدل على أن العواطف في القلب تؤثر على الفهم والإدراك في الدماغ، بينما أوضحت هذه الدراسة وجود علاقة موجبة (طردية) دالة إحصائية بين قلق الامتحان والضغط النفسية، مما يؤثر على تحصيلهم الدراسي الذي يرتبط بالفهم والإدراك المعرفي. فذلك الرسول صلى الله عليه وسلم قال: " إِنَّمَا الْعِلْمُ بِالتَّعْلَمِ، وَإِنَّمَا الْجِلْمُ بِالتَّحْلُمِ، وَمَنْ يَتَخَرَّ الْخَيْرَ يُعْطَهُ، وَمَنْ يَتَوَقَّ الشَّرَّ يُوقَهُ"، متفق عليه.

8.3. خاصية: الذاكرة في القلب والدماغ لهما تأثير على التعلم

وبما أن العلاقة وثيقة بين القلب والدماغ، وذلك من خلال الخلايا العصبية في القلب التي تقوم بتخزين المعلومات ومعالجتها وإرسالها للدماغ؛ لذلك فإن القلب له ذاكرة، بجانب أن له إحساس وعاطفة، وبالتالي، فإن عملية استرداد المعلومات السابقة بشكل متكرر من خلال الذاكرة هي عملية فاعلة ومهمة للتعلم والفهم [26] (Caine et al., 2005; Seung, 2000)، وبسبب تكرار نفس الخبرة مرات عدة يزيد من الاتصالات المشبكية لخلايا الدماغ الوظيفية [28] (McGeehan, 2001) فإن ذلك يؤدي إلى تقوية المعلومات للتعلم وتكوين ذاكرة أقوى [29] (Hale & Fiorello, 2004) وعاطفة إيجابية سببها الراحة النفسية نتيجة تكرار الاستجابة في الموقف فيحدث التعلم ومهاراته، أو تؤدي إلى التعب النفسي في حالة العاطفة والتفكير السلبي، مما يؤدي إلى تعلم ناقص أو خاطئ، أو حدوث خطأ مفاهيمي في التعلم أو الامتناع عن التعلم.

إن الذاكرة في القلب والدماغ تعمل على تكاملهما بشكل ما فيساعد هذا التكامل على الحالة النفسية للمتعلم نتيجة تخزين المعلومات في ذاكرة القلب الذي به العاطفة وكذلك في الدماغ الذي يعمل على التفكير، فيؤدي كل من العاطفة والتفكير الإيجابي إلى تكوين التعلم والتوافق النفسي التي تسبب الصحة النفسية، ومن ضمن الدراسات التي استقصت العلاقة بين القدرات العقلية الناتجة عن عملية استرداد المعلومات السابقة من الذاكرة والجانب النفسي، الدراسة الميدانية التي قام بها الصنيع [30] (2009) والتي هدفت إلى الكشف عن أثر حفظ القرآن الكريم في مستوى الصحة النفسية لدى عينة من حفاظ وحافظات القرآن الكريم بمعهد الإمام الشاطبي وعددهم 170 طالباً وطالبة مقارنة مع عينة من طلاب وطالبات جامعة الملك عبد العزيز بمدينة جدة وعددهم 170 طالباً وطالبة، وتوصلت الدراسة إلى نتائج أهمها وجود علاقة ارتباطية موجبة (طردية) دالة إحصائياً بين ارتفاع مقدار الحفظ وارتفاع مستوى الصحة النفسية لدى عيني الدراسة. فالتكرار والعاطفة في القلب والدماغ لهما أثراً على التعلم، فعن ابن عمر رضي الله عنهما أن رسول الله صلى الله عليه وسلم قال: "إِنَّمَا مَثَلُ الْقُرْآنِ كَمَثَلِ الْإِبِلِ الْمُعَقَّلَةِ، إِنْ عَاهَدَ عَلَيْهَا أَمْسَكَهَا، وَإِنْ أَطْلَقَهَا، ذَهَبَتْ"، متفق عليه.

8.4. خاصية: القلب بداية التعلم في الدماغ

وجدت نتائج الأبحاث أن أداء الدماغ في النشاط الكهرومغناطيسي يتناسب طردياً مع أداء القلب لنفس النشاط في هذه العملية، فكلما زاد أداء نشاط القلب زاد أداء نشاط الدماغ فيزداد الفهم والإدراك ويساعد على عملية تعلمه [31]، [14] (مصباح، 2020؛ McCraty، 2003). وذكر ميكراي [31] (McCraty، 2003) أن تعليم الطالب التوازن بين الجانب الجسدي والنفسي والفيولوجي يساعدهم على تعلم زيادة توازن الجهاز العصبي؛ مما يؤدي إلى تحسن الاستقرار العاطفي لدى الطالب وأدائه المعرفي وذاكرته وتحصيله الدراسي. وبما أن لوزة الحلق (amygdale) في الدماغ البشري هي المسؤولة عن تفسير المعنى العاطفي [32] (Feist، 2006)، والفص الجبهي هو المسؤول عن كل من التفكير وبعض العواطف [33] (Stuss & Knight، 2002)؛ فإن التوازن بينهما في الدماغ مع وجود العلاقة المتبادلة بينه وبين القلب يعمل على تعلم الفرد من خلال تفكيره وعواطفه واستجاباته المصاحبة لها، وأن دماغ الفرد يسجل المعلومات المألوفة خلال آليات التعلم لإنتاج أنماط فريدة خاصة به [34] (Mesulam، 2000) يصحبها عواطف أثناء عملية انتاجها. فالعاطفة في القلب، كالخجل والحياء، تسمح أو تمنع الاستجابة أثناء الموقف التعليمي ويؤثر القلب عليها، فعن ابن عمر رضي الله عنه قال: "كُنَّا عِنْدَ رَسُولِ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ فَقَالَ: أَخْبِرُونِي بِشَجَرَةٍ تُشْبِهُ أَوْ: كَالرَّجُلِ الْمُسْلِمِ لَا يَتَخَاةُ وَرَفْهًا، وَلَا تُؤْتِي أَكْثَرًا كُلَّ حِينٍ قَالَ ابْنُ عُمَرَ: فَوَقَعَ فِي نَفْسِي أَنَّهَا النَّخْلَةُ، وَرَأَيْتُ أَبَا بَكْرٍ، وَعُمَرَ لَا يَتَكَلَّمَانِ، فَكَرِهْتُ أَنْ أَتَكَلَّمَ فَلَمَّا لَمْ يَقُولُوا شَيْئًا، قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ: هِيَ النَّخْلَةُ فَلَمَّا قُمْنَا قُلْتُ لِعُمَرَ: يَا أَبَتَاهُ، وَاللَّهِ لَقَدْ كَانَ وَقَعَ فِي نَفْسِي أَنَّهَا النَّخْلَةُ، فَقَالَ: مَا مَنَعَكَ أَنْ تَكَلَّمَ؟ قَالَ: لَمْ أَرْكَمْ تَكَلُّمُونَ، فَكَرِهْتُ أَنْ أَتَكَلَّمَ أَوْ أَقُولَ شَيْئًا، قَالَ عُمَرُ: لَأَنْ تَكُونَ قُلْتَهَا، أَحَبُّ إِلَيَّ مِنْ كَذَا وَكَذَا." رواه البخاري

9. الخلاصة

إن توظيف نتائج دراسات الدماغ والقلب ووظائفهما في الجانب المعرفي والوجداني منظور معاصر في مجال التربية وعملية التعليم والتعلم وعلم النفس. فعلم الدماغ في العلوم العصبية المعرفية نتائج أبحاث القلب يدفع المربين وعلماء النفس في فهم التعلم وما يرتبط به من عمليات معرفية ووجدانية، حيث لا يمكن الفصل بين القلب والدماغ في عملية التعلم والتعليم والإدراك والفهم. لذلك من الضرورة بمكان معرفة وظائف القلب وعمليات الدماغ المستندة للتعلم والتعليم، والذي يساعد على المساهمة في إعداد أسس واستراتيجيات ومبادئ في عملية التعليم والتعلم وتطويرها من أجل مصلحة المتعلم، وكذلك التركيز على صياغة الأهداف التي تستهدف توظيف كل علم تربية القلب والدماغ، وتشجيع المتعلم على الوعي بأهمية إدراك تأثيرهما على تعلمه وتكوين عواطفه وسلوكياته نحوه، وهذه جميعاً تؤثر على زيادة كفاءة التعلم والتعليم، فيعيش الفرد في حياته موظفاً دماغه وقلبه، اللذان يحددان سلوكه ومشاعره وإدراكه وفهمه وحبه واتجاهه ودفاعيته؛ لذلك تحاول هذه الورقة تضمين بعض نتائج أبحاث القلب والدماغ في تعلم الفرد.

10. استنتاجات الدراسة

ومن خلال العرض السابق في العلاقة بين التعلم والقلب والدماغ، يمكن ذكر النقاط الآتية:

- النشاط الذي يقوم به القلب والعمليات التي تحدث في الدماغ أثناء موقف ما لهما علاقة ودور في تعلم الفرد.
- القلب هو بداية المعرفة والدافعية للتعلم وقبول التعليم، لأنه يولد الإحساس بالرغبة بالقبول أو الرفض الذي يؤدي إلى تكوين الدماغ الإشارات إلى بقية أعضاء الجسم.
- هناك اتفاق كبير في أن القلب له قدرة على الفهم والإدراك فهو يمارس المهام المعرفية بمستوياتها المختلفة.
- أن القلب له دور كبير في قيام الدماغ بتوجيه بقية أعضاء الجسم وذلك بعد أن يتقبله القلب ويندفع له.
- الاتفاق على أهمية ودور القلب والدماغ في التعليم والتعلم وتكوين السلوك والعواطف.
- التأكيد على أنه إذا كان العقل السليم في الجسم السليم فأيضاً القلب السليم في الجسم السليم، وكلاهما يؤديان إلى التعلم والإدراك والفهم والعواطف.

11. التوصيات والدراسات المقترحة

تقترح الدراسة الحالية توصيات ودراسات ذات صلة بمضمون هذا البحث، ألا وهي:

- تشجيع الباحثين في التربية وعلم النفس لاستقصاء التعلم من منظور القلب والدماغ.
- إجراء دراسة مقارنة بين تأثير كل من الدماغ البشري والقلب البشري على التعلم.
- دراسة علاقة بعض المتغيرات النفسية المرتبطة بعملية التعليم والتعلم من منظور القلب والدماغ.
- اقتراح استراتيجيات تدريسية قائمة على نتائج أبحاث القلب والدماغ في عملية التعليم والتعلم.
- تضمين نتائج بحوث ودراسات القلب والدماغ في طرق التدريس والمناهج الدراسية للمواد الدراسية المختلفة.
- توفير بيئة تعليمية قائمة على نتائج بحوث ودراسات القلب والدماغ ذات الصلة بعملية التعليم والتعلم.

REFERENCES

المراجع

- [1] A. Davis, «The Credentials of Brain-Based Learning,» *Journal of Philosophy of Education*, vol. 38, no. 11, pp. 21-35, 2004.
- [2] س. م. الشماع، العاطفة والعقل بين القلب والدماغ، القاهرة: الدار الثقافية للنشر، 2009.
- [3] J. Wray et T. Sensky, «Congenital Heart Disease and Cardiac Surgery in Childhood: Effects on Cognitive Function and Academic Ability,» *Heart*, vol. 85, p. 687–691, 2001.
- [4] A. S. Alghafri, «Development of Learning in Human brain,» *IMPACT: International Journal of Research in Applied, Natural and Social Sciences*, vol. 6, no. 19, pp. 23-30, 2018.
- [5] U. Goswami, «Principles of learning, Implications for Teaching: A Cognitive Neuroscience Perspective,» *Journal of Philosophy of Education*, vol. 42, no. 13-4, pp. 381-399, 2008.
- [6] ع. س. الغافري، «التفكير والعاطفة في منظور العلوم العصبية المعرفية»، *مجلة العلوم التربوية والنفسية*، 2018، vol. 2, no. 128, pp. 143-152.
- [7] M. Oleksowicz, «Aristotle on the Heart and Brain,» *European Journal of Science and Theology*, vol. 14, no. 13, pp. 77-94, 2018.
- [8] S. Govoni, P. Politi et E. Vanoli, Brain and Heart Dynamics, S. Govoni, P. Politi et E. Vanoli, Éd., AG: Springer International Publishing, 2020.
- [9] أبوالمجد، دليل الأسرة الذكية إلى أمراض القلب وشرايينه التاجية، القاهرة: دار الشروق، 1999.
- [10] J. Carey, Brain facts: A Primer on the Brain and Nervous System, Washington, DC: Society for Neuroscience, 2018.
- [11] ع. س. الغافري، مقرر تطبيقات علم النفس التربوي، صحران: جامعة صحران، 2020.
- [12] ح. ج. زيتون، تصميم التدريس رؤية منظومية، 2. éd القاهرة: عالم الكتب، 2001.
- [13] L. R. Gay, G. E. Mills et P. W. Airasian, Educational research: Competencies for analysis and applications, Upper Saddle River: Pearson Merrill Prentice Hall, 2010.
- [14] ع. مصباح، مخ القلب وإعجاز رب الأكوان، القاهرة: الدار المصرية اللبنانية، 2020.
- [15] M. Hunt, The Story of Psychology, New York: Doubleday, 1993.
- [16] ع. حسون، المعرفة وإدراك القلب، بيروت: المكتبة الإسلامية، 1989.
- [17] C. Cefai et V. Cavioni, «Head and Heart for Children's Education : The Role of the Classroom Tteacher» *Learning for Well-being Magazine*, no. 12, pp. 1-7, 2016.
- [18] T. Tillmann, J. Vaucher, A. Okbay, H. Pikhart, A. Peasey, R. Kubinova, A. Pajak, A. Tamosiunas, S. Malyutina, F. Pires Hartwig, K. Fischer, G. Veronesi, T. Palmer et M. V Holmes, «Education and Coronary Heart Disease: Mendelian, Randomisation study,» 30 August 2017.
- [19] R. McCraty, Science of the Heart: Exploring the Role of the Heart in Human Performance, vol. 2, HeartMath Institute, 2015.
- [20] P. Pearsall, The Heart's Code: Tapping the Wisdom and Power of Our Heart Energy, New York: Broadway Books, 1998.
- [21] D. Hebb, The Organization of Behaviour, a Neuropsychological Theory, Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers, 2002.
- [22] A. S. Alghafri et N. Hairul, «Neuroscience and Education,» *Universiti Sains Malaysia, Diges Pendidik*, vol. 8, no. 11, pp. 76-83, 2008.
- [23] R. Beaver, «Neuro-linguistic programme as practised by an educational psychologist,» *Association of Educational Psychologists Journal*, vol. 5, no. 12, pp. 87-90, 1989.
- [24] ع. ا. ا. الحسن، أسرار القلب بين القرآن والعلم، القاهرة: دار الأندلس الجديدة للنشر والتوزيع، 2016.
- [25] ه. ا. م. ا. سالم، قلق الاختبار وعلاقته بموضع الضبط والضغط النفسية والتحصيل الدراسي لدى طالبات كلية التربية جامعة حائل بالمملكة العربية السعودية، الخرطوم: جامعة النيلين، كلية التربية، 2016.
- [26] R. N. Caine, G. Caine, C. McClintic et K. Klimek, Twelve Brain/Mind Learning Principles in Action: The Fieldbook for Making Connections, Teaching, and The Human Brain, Thousand Oaks, CA: Corwin Press, 2005.
- [27] S. Seung, «Half a Century of Hebb,» *Nature Neuroscience, supplement*, vol. 3, p. 1166, 2000.
- [28] J. McGeehan, «Brain-Compatible Learning,» *Green Teacher*, vol. 64, pp. 7-12, 2001.
- [29] J. B. Hale et C. A. Fiorello, School Neuropsychology: A Practitioner's Handbook, New York: The Guilford Press, 2004.
- [30] ص. ب. إ. الصنيع، أثر حفظ القرآن الكريم على مستوى الصحة النفسية، *مجلة معهد الإمام الشاطبي والتعريف ببحوثه*، 2009، no. 16, pp. 237-298.
- [31] R. McCraty, The Scientific Role of the Heart in Learning and Performance, Boulder Creek, CA: HeartMath Research Center, Institute of HeartMath, 2003.
- [32] G. J. Feist, The psychology of science and the origins of the scientific mind, New Haven and London: Yale University Press, 2006.
- [33] D. T. Stuss et R. T. Knight, Principles of Frontal Lobe Function, Oxford University Press, 2002.
- [34] M.-M. Mesulam, Principles of Behavioral and Cognitive Neurology, 2 éd., New York, NY: Oxford University Press, Inc, 2000.

Pratique d'embouche ovine et spéculation commerciale de mouton de Tabaski au Niger: Entre rite religieux et l'affairisme pécuniaire

[Sheep feeding practice and commercial speculation of Tabaski sheep in Niger: Between religious rite and pecuniary business]

Moussa Mahamadou Sani¹, Adamou Karimou Ibrahim², Mamman Mani³, and Djaouri Nahantchi Yaou⁴

¹Département de Ressources naturelles et de l'Environnement, Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Tahoua,
BP: 255 Tahoua, Niger

²Département de Production Animale et de Technologie d'Aliment, Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Tahoua,
BP: 255 Tahoua, Niger

³Institut National de Recherche Agronomique (INRAN), BP: 429 Niamey, Niger

⁴Etudiant, Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Tahoua, Niger

Copyright © 2021 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In order to analyze the fattening practices and commercial speculations of sheep on the occasion of the Muslim holiday (*Aïd El Kebir*) commonly known as Tabaski, an investigation is carried out three months before the holding of this festival in the course of the year 2020 in the Tahoua region in Niger. The survey is carried out on a sample of 300 sellers / resellers and buyers from the urban commune of Tahoua and the peripheral village of Badaguichiri. The most important and least important option scaling method was used to analyze the weight of preferences of actors in the sheep fattening value chain. Sheep and the commercial activity of Tabaski sheep remain 100% male prerogative for sellers / resellers and 90% for buyers. The study reveals that sheep fattening is an activity subject to very strong commercial speculation as part of the Tabaski rite. The breed, the color of the coat, the overweight and the conformation of the animals are the preferred criteria in marketing and which are unanimous among sellers and resellers as well as buyers. These criteria come into play in the determination, selection and pricing of sheep for Tabaski. Also, out of a total of six genetic types belonging to four inventoried Sahelian sheep breeds, the *Oudah* breed is the most presented and appreciated in local markets and outlets. The renewed financial margin linked to commercial speculation around the Tabaski sheep is growing with the increase in the size of the animals. This dynamic of sheep prices can be used by producers and importers as a useful commercial database for scheduling sales at times that open the door to commercial speculation.

KEYWORDS: Sheep fattening, commercial speculation, sheep, Tabaski, Niger.

RESUME: Dans le but d'analyser les pratiques d'embouche et les spéculations commerciales des moutons à l'occasion de la fête musulmane (*Aïd El Kebir*) communément appelée Tabaski, une enquête est menée trois mois avant la tenue de cette fête au courant de l'année 2020 dans la région de Tahoua au Niger. L'enquête est réalisée auprès d'un échantillon de 300 vendeurs/revendeurs et acheteurs repartis dans la commune urbaine de Tahoua et le village périphérique de Badaguichiri. La méthode de mise à l'échelle de la plus importante et de la moins importante option a été utilisée pour analyser le poids des préférences des acteurs de la chaîne de valeur de l'embouche ovine. Il ressort de cette étude que la pratique d'embouche ovine et l'activité commerciale des moutons de Tabaski restent l'apanage des hommes à 100% pour les vendeurs/revendeurs et 90% pour les acheteurs. L'étude révèle que l'embouche ovine est une activité faisant l'objet de spéculations commerciales très fortes dans le cadre du rite de la Tabaski. La race, la couleur de la robe, l'embonpoint et la conformation des animaux sont les critères privilégiés dans la commercialisation et qui font l'unanimité aussi bien,

des vendeurs et revendeurs que des acheteurs. Ces critères entrent en jeu dans la détermination, le choix et la fixation des prix des moutons pour la Tabaski. Aussi, sur un total de six types génétiques appartenant à quatre races ovines sahéliennes inventoriées, la race *Oudah* est la plus présentée et appréciée sur les marchés et les points de vente locaux. Le regain de marge financière lié aux spéculations commerciales autour du mouton de Tabaski croît avec l'augmentation du format des animaux. Cette dynamique du prix des moutons peut être utilisée par les producteurs et les importateurs comme base de données commerciales utiles à la programmation de vente aux moments propices ouvrant la voie à la spéculation commerciale.

MOTS-CLEFS: Embouche ovine, Spéculation commerciale, Mouton, Tabaski, Niger.

1 INTRODUCTION

De par le monde, l'élevage joue un rôle essentiel au sein des populations. Il constitue la principale source d'apport protéique dans l'alimentation humaine par ses produits et dérivés, notamment la viande, le lait, les œufs, et autres produits laitiers. Dans les pays en développement, la production animale contribue significativement à l'amélioration de la sécurité alimentaire et nutritionnelle des ménages. Des analyses [1] s'accordent à dire que la demande en produits d'origine animale (viande, lait et produits laitiers) devrait augmenter un peu partout dans le monde du fait de la croissance démographique, des changements d'habitudes alimentaires, de l'urbanisation accélérée ainsi que de l'amélioration du pouvoir d'achat des ménages. Le secteur de l'élevage représente, d'autre part, une source d'emploi et de revenu pour les populations et pour l'économie des pays.

Considéré comme l'un des piliers de l'économie nigérienne, l'élevage joue un rôle important dans la sécurité alimentaire, la lutte contre la pauvreté et la cohésion sociale. Il est pratiqué par près de 87% de la population active soit comme activité principale ou secondaire après l'agriculture. Il contribue pour près de 11% à la constitution du PIB national et 35% du PIB agricole [2]. Il constitue la seconde source des recettes d'exportation après les ressources minières et contribue également à hauteur de 22% de la valeur totale des exportations. En outre, l'élevage des ovins est aujourd'hui un facteur important d'intégration sociale par les sacrifices des moutons au moment des décès, mariage, dot, et surtout pour les sacrifices religieux de la fête de Tabaski [3]. Au plan des rites religieux, le Niger, un pays à plus de 90 % musulman, le mouton y occupe une place centrale dans le renouvellement annuel du sacrifice d'Abraham, lors de la fête musulmane d'Aïd El Kebîr ou la Tabaski. Chaque année, les pouvoirs publics encouragent des stratégies d'approvisionnement des centres urbains en moutons pour cette fête. En effet, pour la commercialisation, l'Etat déploie d'énormes efforts pour la formalisation du circuit commercial par l'installation de marchés officiels du bétail.

Cependant, les transactions commerciales restent dominées par un système traditionnel dont les pratiques spéculatives restent toujours le mode du fonctionnement opérationnel. A l'approche de la fête Tabaski et de façon spontanée, des marchés et points de vente de fortune s'installent dans les grandes villes comme c'est le cas à Tahoua. Ce mode de transaction à la fois simple et complexe est aux yeux des acteurs¹ assez efficace puisque ancré depuis la nuit de temps dans les mœurs et pratiques quotidiennes de la communauté musulmane dans cette contrée du Niger.

C'est pour mieux comprendre et appréhender les pratiques d'embouche ainsi que les spéculations commerciales autour de l'événement festif et religieux de la Tabaski qu'une réflexion est engagée à travers cet article. Elle s'appuie sur un certain nombre de questionnements afin de répondre aux préoccupations posées. Qu'est-ce qui sous-tend la pratique d'embouche ovine ? Quelles sont les composantes et les déterminants de cette pratique ? Quels sont les critères de choix et de fixation des prix des moutons de Tabaski ?

2 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE ET APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

2.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Créée en 1998 par la loi n° 98-31 du 14 septembre 1998, la région de Tahoua est située au centre du Niger, entre 13°42' et 18°30' de Latitude Nord, et de 3°53' et 6°42' de Longitude Est (figure 1). Elle couvre une superficie de 113 371 Km² soit 8,95 % du territoire national avec une population estimée à 3 983 172 habitants dont 1 985 400 hommes et 1 997 772 femmes et un taux d'accroissement naturel de 4,2% par ans et une densité qui est de 285 habitants au km² [4]. Le découpage territorial de 2002 subdivise la région en 12 départements

¹ Vendeurs, revendeurs, acheteurs et autres intermédiaires.

qui sont aussi subdivisés en 7 communes urbaines et 35 communes rurales. La ville de Tahoua est le chef-lieu de la région. L'agriculture est l'activité principale dans la région suivie secondairement de l'élevage dont la frange nord de la région a un statut purement pastoral.

La commune urbaine de Tahoua et la commune rurale de Badaguichiri constituent des centres focaux d'échange des produits d'élevage notamment de commercialisation du bétail sur pied. Le marché de bétail de Tahoua et celui de Badaguichiri qui s'animent respectivement tous les dimanches et jeudis sont alimentés par les animaux élevés sur place et par ceux en provenance des marchés du Nord (Affala, Taza, Takanamatt, dans le département de Tahoua, Tabalak, dans le département d'Abalak). En matière de production de viande, les bovins et les ovins constituent un support essentiel de l'alimentation carnée de la population car l'abattage des autres ruminants pour les besoins courants est rare [5].

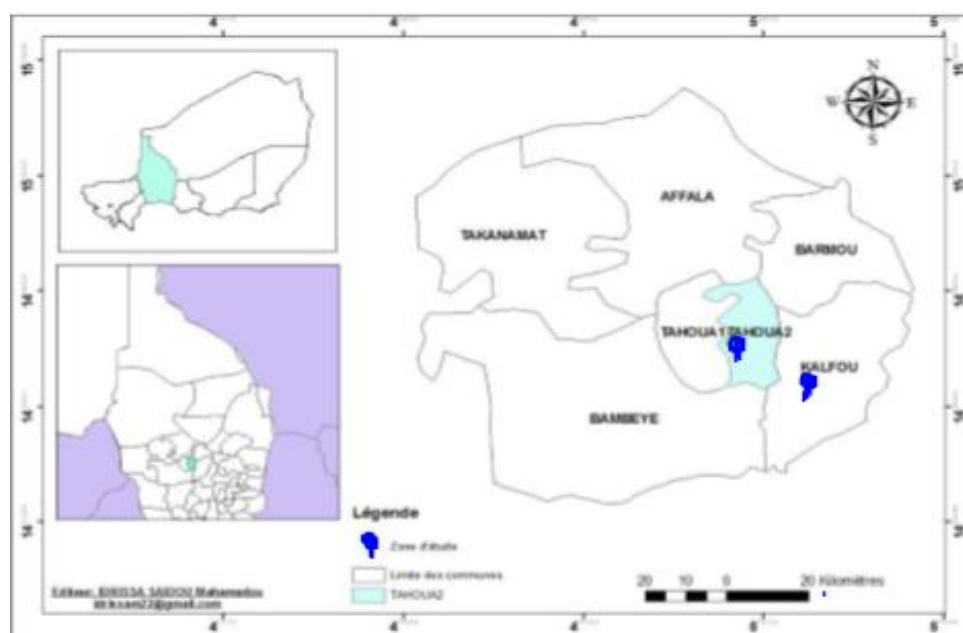


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude (Tahoua)

2.2 APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

L'étude s'est déroulée dans la ville de Tahoua et la commune rurale de Badaguichiri. La collecte des données a débuté 30 jours avant la fête de Tabaski et a concerné les marchés à bétail et les points de vente de ces deux localités. Les données collectées sont d'ordre qualitatives, quantitatives, dont certaines sont issues d'un dispositif expérimental suivant les étapes que sont l'identification des enquêtés, la description de la structure des populations ovines, la spéculation commerciale autour ainsi que la provenance des ovins. Hormis l'observation in situ qui a permis de distinguer les couleurs et les différentes races des moutons mis sur les marchés, un maître ruban est utilisé pour mesurer le tour de poitrine, la longueur des cornes et la taille de la queue. L'enquête pour la collecte de données qualitatives a été réalisée auprès d'un premier échantillon de 100 personnes composé d'emboucheurs, de vendeurs et revendeurs choisies de façon raisonnée en fonction de leur expérience dans la pratique d'embouche ou le commerce spéculatif du mouton lors de Tabaski. Un deuxième échantillon de 200 personnes, exclusivement des acheteurs, choisis de façon aléatoire toujours entre les deux localités, a complété les données qualitatives. Une considération importante faite dans la présente étude, est que les acteurs de la chaîne de valeur de l'embouche ovine, fortement imbriqués dans les spéculations commerciales autour du mouton de Tabaski, choisissent les animaux sur la base d'un certain nombre de critères. Parmi ces derniers, il existe toujours le plus important et le moins important aux yeux de ces acteurs (méthode de mise à l'échelle). En effet, la recherche d'une meilleure valorisation des activités d'embouche, y compris sa rentabilité économique et sa pérennisation, doit impérativement passer par la compréhension des préférences, par les acteurs cibles, des produits (races ovines) qui en seront issus. Les attributs de qualité ainsi que la place qu'occupent les races issues des pratiques d'embouche, doivent être précisés dans la zone d'étude. Cette méthode de mise à l'échelle de la plus importante et de la moins importante option (méthode Best-Worst ou méthode de la différence maximum, BWS) a été utilisée dans ce présent travail pour étudier le comportement des acteurs de la chaîne de valeur de l'embouche ovine car étant compatible avec la théorie de l'utilité aléatoire.

3 PLACE DE L'EMBOUCHE OVINE DANS LES RITES DE LA TABASKI

3.1 EMBOUCHE OVINE À TAHOUA: UNE PRATIQUE ANCRÉE DANS LE SYSTÈME D'ÉLEVAGE LOCAL

Au Niger, la région de Tahoua avec 2 762 002 têtes sur un effectif national de 12 746 788 têtes d'ovin est la deuxième en terme, de cheptel ovine [6]. Deux formes d'élevage se distinguent; l'élevage extensif et l'élevage intensif. Le premier reste le plus dominant, il est conduit selon un mode d'exploitation de l'espace et ses ressources dans le cadre de mobilité saisonnière dite transhumance selon l'axe nord-sud alors que le second est l'apanage de quelques nantis. Cet élevage intensif est celui qui est assimilé à de l'embouche et revêt en lui-même deux formes dans la région de Tahoua que sont l'embouche semi-intensive et intensive. L'embouche se définit comme "la préparation des animaux pour la boucherie, quelle que soit la forme ou la méthode utilisée" [7]. Cela implique alors un engraissement de l'animal dans le sens de l'augmentation de la masse corporelle avec une proportion plus ou moins importante de dépôt adipeux. L'embouche ovine semi-intensive se pratique beaucoup plus en milieu rural par les femmes sous forme de l'élevage de moutons de case. Elle se fait aussi dans les centres urbains et concerne un nombre assez réduit de têtes, (un à deux moutons adultes) généralement sur piquet pour une durée allant de 6 mois maximum. L'alimentation dans le cas de l'embouche semi-intensive combine l'exploitation de la vaine pâture avec de suppléments issus des résidus de culture stockés après la campagne agricole.

En revanche, l'embouche intensive reste l'apanage des nantis dans les centres urbains et périurbain comme Tahoua et Badaguichiri. Les commerçants, les fortunés du système d'élevage et quelques fois les gros fonctionnaires passionnés de l'élevage contemplatif investissent massivement dans l'alimentation de quelques dizaines de tête des moutons maintenus en stabulation dans des enclos 3 mois avant la fête de Tabaski. Les performances recherchées en rapport avec l'objectif d'écoulement des moutons sur les marchés déterminent l'investissement dans la ration alimentaire. Dans ce cas-ci, le suivi sanitaire (vaccination, déparasitages interne et externe) est régulier. La ration alimentaire assez nourrie, se compose de fourrages (paille de céréales et fanes de légumineuses), de concentrés préparés à partir des sous-produits agro-industriels et de compléments minéraux. L'embouche ovine intensive vise la préparation ou la mise en condition des moutons pour la boucherie notamment le jour de la fête. Pour les pratiquants, elle a un but lucratif et la logique de ciblage de la période de fête de Tabaski, en jouant sur les variations du prix, lui confère un caractère spéculatif.

3.2 L'ESPÈCE OVINE DANS LE RITE DE TABASKI

Fêtée deux mois et dix jours après la fête du Ramadan, « l'Ayd al-kabîr »² ou Tabaski, littéralement « fête du mouton », est célébrée chaque année dans le monde musulman. Elle rythme la vie religieuse et sociale des musulmans en rappelle à la soumission du prophète Ibrahim à Dieu, lorsque celui-ci lui demande de: « sacrifier son fils, Ismaël ». Le prophète Ibrahim a accepté cet impératif divin mais, au dernier instant de l'accomplissement de l'acte, l'ange Gabriel apparaît et lui apporte un mouton qu'il sacrifie à la place de son fils. Pour perpétuer cet acte, chaque musulman qui dispose de moyen, doit immoler un mouton le jour de la fête de Tabaski, après la prière et après que l'imam ait sacrifié en premier lieu son mouton. Dans la perpétuation de cet acte religieux, les moutons occupent une place centrale. En effet, des huit (8) espèces animales légitimées pour l'accomplissement du sacrifice du prophète Ibrahim, le mouton est l'animal le mieux indiqué selon les préceptes islamiques, les autres espèces pouvant servir de remplacement à défaut du mouton préféré. Ainsi, en milieu urbain comme en campagne, la Tabaski, en plus d'être une fête d'accomplissement d'un rite religieux, est aussi un moment favorable à produire de la distinction sociale chez les personnes. En effet, l'achat d'un mouton répond à un certain nombre de critères qui sont à la fois d'ordres physiques, esthétiques et culturels.

4 TYPOLOGIE DES RACES OVINES SUR LES MARCHÉS DE VENTE ET LEUR PROVENANCE

L'enquête terrain révèle que la structure démographique des troupeaux en vente sur les marchés et les points de vente spontanés peut être décrite selon le type génétique, le sexe et le format des animaux. Ainsi, quatre (4) types génétiques appartenant à deux races de mouton sahéliens sont majoritairement identifiées sur les différents marchés prospectés: « Oudah », « Balami », « Bali-bali » appartenant à la race dite mouton peulh car les peulhs en sont les dépositaires au Niger; la race « Ara-ara » qui est la marque de l'ethnie touareg. On relève exceptionnellement sur ces marchés, le mouton Koundoum élevé par l'ethnie Kourtèye sur les bords du fleuve Niger et dans les îles et enfin, la race dite exotique issu du croisement inter-race. Cependant, la race du mouton dit « Oudah » est la plus représentée 49,15% de male et 56.03% de femelle, de la moins représentée est la race « Balami ». Aussi, du point de vue format de l'animal,

² La fête de Tabaski « la grande fête chez les musulman » a lieu le 10 du mois de *dhû l-hijja*, qui correspond au dernier mois de l'année islamique (calendrier musulman d'Hégire). Ce jour signifie en outre, la fin du pèlerinage à la Mecque.

c'est aussi la race « *Oudah* », la plus représentée suivie de la race « *Ara-ara* »; « *Balami* » étant la race la moins représentée dans le troupeau en vente (Tableau 1).

Tableau 1. Composition par race du troupeau en vente sur les marchés

Race	Type génétique	Structure par sexe		Structure par format		
		Male (%)	Femelle (%)	Petit (%)	Moyen (%)	Grand (%)
Peulh	Oudah	49,15	56,03	44,03	47,19	61,76
	Balami	1,45	0	0	1,40	3,92
	Bali-bali	19,07	17,83	20,18	23,31	8,33
Touareg	Ara-ara	30,30	26,13	35,77	28,08	26,36

Source: données terrain, 2020

La proportion des races embouchées dans la ville de Tahoua et Badaguichiri en fonction de sexe mâle et femelle montre que les races ovines les plus embouchées sont essentiellement le mouton *Oudah* 48,5% de sexe male et 64,48% de femelle dans ces deux localités. Il est suivi du mouton *Ara-ara*. Le mouton *Balami* est le moins embouchée 1,26%. Sur les lieux de vente, 38% de mouton mis en vente a subi la pratique d'embouche et 12% ont fait l'objet de l'élevage d'engraissement. En revanche 50% de mouton sont le produit de l'élevage traditionnel extensif. Pour le besoin de la vente, ils sont toujours entre les mains des spéculateurs, c'est-à-dire ceux qui achètent et revendent pour la circonstance. Pour la catégorie de mouton sous embouche, la pratique est en effet de mise y compris sur le lieu de vente. Au piquet sur le marché, le mouton a, à sa disposition du résidu de récolte, du son, du tourteau, du sel minéraux, l'objectif étant le maintien du format de l'animal jusqu'au moment ultime de sa transaction.

5 LES DÉTERMINANTS DANS LE CHOIX DE MOUTON DÉVOLU AU SACRIFICE

5.1 CRITÈRES CLÉS DE FIXATION DES PRIX LIÉS À L'ANIMAL CHEZ LES VENDEURS/REVENDEURS

Il ressort du tableau 2 que les critères principaux liés aux animaux pour la fixation des prix, décrits à l'échelle de tout l'échantillon de l'étude, sont la race, la couleur de la robe, embonpoint et la conformation de l'animal. Ces critères ont en effet, les coefficients les plus élevés du modèle d'analyse. Ce qui explique que ces critères liés aux animaux sont primordiaux pour la fixation des prix par la population de la ville de Tahoua et de la commune rurale de Badaguichiri. Par contre les coefficients liés à l'âge, aux cornes, à la taille des testicules, à la longueur du cou et de la queue sont négatifs. Cela implique que ces critères sont moins importants pour la fixation des prix de moutons de tabaski.

L'appartenance à un groupe ethnique des vendeurs et revendeurs ne semble pas avoir une influence sur les critères de choix des animaux (Tableau 2). Tous les groupes ethniques privilégiaient les mêmes critères pour le choix des races ovines. Par ailleurs, les coefficients indiquent que les touaregs ont un attachement à la couleur de la robe relativement plus marqué que chez les autres groupes ethniques.

Tableau 2. Poids des critères clés liés aux moutons pour la fixation des prix chez les vendeurs/revendeurs

Critères de choix	Echantillon	Ethnie		
		Haoussa	Peulh	Touareg
Race	0,28	0,28	0,31	0,27
Couleur	0,14	0,12	0,13	0,20
Embonpoint	0,30	0,30	0,31	0,27
Age	-0,08	-0,10	-0,02	-0,05
Conformation	0,05	0,08	0,02	0,00
Cornes	-0,09	-0,08	-0,11	-0,12
Longueur de cou	-0,25	-0,25	-0,27	-0,23
Longueur de la queue	-0,14	-0,15	-0,13	-0,10
Taille de testicule	-0,22	-0,22	-0,24	-0,23

Source: enquête terrain, 2020

Cependant, d'autres critères secondaires interviennent dans la fixation des prix chez les vendeurs/revendeurs (tableau 3). En effet, les résultats indiquent que les coefficients liés aux modalités « proximité de tabaski », et « type de marché » sont positifs et ce, quel que soit l'ethnie, ce qui laisse penser que ce sont les critères secondaires les plus importants pour la fixation des prix des moutons de tabaski. Pour le poids des autres critères de choix étudiés, de faibles variations relatives à l'ethnie ont été observées. Ainsi, le modèle d'analyse montre que la modalité « client » a pour coefficient positif au niveau des ethnies Haoussa et Peuhl et négatif chez l'ethnie Touareg. Pour les critères comme le flux de la demande, bon pour la boucherie et le rite traditionnel, les coefficients sont négatifs, prouvant que ces critères sont moins importants quant à la fixation des prix pour les vendeurs/revendeurs de ces deux localités.

Tableau 3. *Poids des critères des choix secondaires pour la fixation des prix chez les vendeurs/revendeurs*

Critères de choix	Poids			
	Echantillon	Haoussa	Peuhl	Touareg
Client	-0,01	0,03	0,02	-0,13
Proximité de tabaski	0,29	0,29	0,31	0,28
Flux de la demande	-0,16	-0,18	-0,16	-0,08
Type de marché	0,16	0,16	0,13	0,18
Bonne en boucherie	-0,10	-0,10	-0,09	-0,08
Rite traditionnel	-0,19	-0,18	-0,22	-0,17

Source: enquête terrain

5.2 CRITÈRES DE CHOIX DES MOUTONS DE TABASKI CHEZ LES ACHETEURS

Selon le concept ancré dans les mœurs du rite religieux de la tabaski des acheteurs, un bon mouton convenable pour le sacrifice est lié à sa race, à son état d'embonpoint et à la couleur de sa robe. En revanche, des caractéristiques morpho-métriques des animaux, telles que la longueur du cou, des cornes et de la queue ainsi que la grosseur des testicules sont moins importantes dans le choix de l'animal destiné au rite de la tabaski. L'analyse du poids des critères de choix des moutons de tabaski, selon l'activité principale et le niveau d'instruction des acheteurs montre que les coefficients du modèle sont positifs pour la race, la couleur de la robe, l'embonpoint et la conformation (Tableau 4). Par contre, d'autres critères comme l'âge, la longueur du cou, la longueur de la queue et la taille des testicules ont de coefficients négatifs, ce qui dénote, une fois de plus, que ces critères sont moins importants dans le choix de moutons de tabaski par les acheteurs.

Tableau 4. *Poids des critères de choix des animaux par les acheteurs en fonction de leur activité principale et niveau d'instruction*

Critères de choix	Echantillon	Activité principale			Niveau d'instruction		
		Agri	Com	Autre	Coranique	Alphabétisé	Sc et anal
Race	0,32	0,32	0,33	0,32	0,32	0,30	0,33
Couleur de robe	0,12	0,11	0,17	0,09	0,11	0,13	0,13
Embonpoint	0,31	0,31	0,29	0,31	0,31	0,31	0,31
Age	-0,08	-0,07	-0,09	-0,09	-0,06	-0,11	-0,09
Conformation	0,08	0,08	0,06	0,09	0,08	0,06	0,09
Longueur du cou	-0,18	-0,17	-0,21	-0,18	-0,19	-0,16	-0,17
Cornes	-0,22	-0,21	-0,24	-0,23	-0,22	-0,19	-0,27
Longueur de queue	-0,18	-0,18	-0,21	-0,17	-0,19	-0,12	-0,21
Taille des testicules	-0,15	-0,16	-0,11	-0,15	-0,15	-0,20	-0,10

Légende: Ari: Agriculture; Com: Commerce; Autre: Autre activité

Source: enquête terrain, 2020

5.3 ANALYSE DES RACES LES PLUS APPRÉCIÉES PAR LES ACHETEURS

L'analyse montre que les coefficients liés aux trois sous-types génétiques des moutons peul, à savoir *Oudah*, *Balami* et *Bali-bali* sont positifs (Tableau 5), ce qui implique que ces races sont les plus appréciées par les acheteurs. Le format en lien avec les aptitudes viandeuses sont les raisons évoquées pour le choix de ces races par les acheteurs. A l'opposé, la race *Koundoum* et les races exotiques en provenance de la sous-région, sont liées à des coefficients négatifs, exprimant ainsi leur moindre appréciation par la population.

Tableau 5. Poids des races les plus appréciées sur le marché

Critères de choix	Poids			
	Echantillon	Haoussa	Peulh	Touareg
Oudah	0,29	0,29	0,29	0,30
Balami	0,19	0,18	0,20	0,20
Bali bali	0,14	0,16	0,11	0,08
Ara ara	-0,01	-0,04	0,02	0,05
Koundoum	-0,29	-0,29	-0,29	-0,30
Race exotique	-0,31	-0,29	-0,33	-0,33

Source: enquête terrain, 2020

5.4 EVOLUTION DES PRIX DES OVINS AVEC L'AVÈNEMENT DE LA FÊTE TABASKI

Le tableau 6 présente l'évolution du prix des moutons de tabaski pendant et après les périodes de fête. Les résultats de l'analyse statistique décrivant ces prix selon le type de format des moutons, montre qu'il y'a une différence importante entre les deux moyennes générales. Pendant la tabaski, le prix moyen d'un mouton tout format confondu était de 107483 F CFA. Il chute après la tabaski à 81065 F CFA.

L'analyse de variance a montré une influence significative de ce prix en fonction des formats des moutons livrés sur le marché ($p < 0,001$). Le regain de marge financière lié aux spéculations commerciales autour du rite religieux de la tabaski croit avec l'augmentation du format des animaux. Ainsi, pour le petit format, avec l'avènement de la tabaski le prix moyen était de 69236 F CFA, avec un prix minimum de 40000 FCFA et un prix maximum de 115000 FCFA. Pour le même petit format, en période hors tabaski, le prix moyen était de 51204, avec un minimum de 30000 FCFA et un maximum de 79000 FCFA. Pour la classe des moutons de moyen format avec la tabaski, le prix moyen était de 101419 variant entre un minimum de 60000 FCFA et un maximum de 180000 FCFA alors que sans la tabaski il «était de 76731, entre un minimum de 45000 F CFA et un maximum de 150000. A ce qui concerne la classe de mouton de grand format, avec la tabaski, le prix moyen était de 152767 F CFA, un minimum de 90000 F CFA et un maximum de 236000 F CFA ont été observés. Sans la tabaski, ce prix moyen était de 116015 F CFA avec un mini de 70000 et un prix maximum de 180000. Ces résultats s'expliquent par le fait que, quel que soit le type de format des moutons, il y a une différence marquée du prix pendant et après les périodes de fête de tabaski d'autant plus importante que le format de l'animal est grand. Ce qui illustre par ailleurs le caractère spéculatif des transactions commerciales des moutons de tabaski.

Tableau 6. Variation du prix (F CFA) des moutons selon le format avec et sans Tabaski

Format	N	A l'avènement de la Tabaski		Après la Tabaski		Augmentation nette des prix
		Prix moyen	Ecart type	Prix moyen	Ecart type	
Moyenne générale	277	107483	42101	81065	33262	26418
Petit format	93	69236	13506	51204	11093	18032
Format Moyen	93	101419	23083	76731	17985	24688
Grand format	91	152767	32885	116015	27586	36752

Source: enquête terrain, 2020

5.5 FACTEURS DE VARIATION DU CARACTÈRE SPÉCULATIF DES TRANSACTIONS COMMERCIALES DU MOUTON DE TABASKI

Les facteurs de variance de l'ampleur du caractère spéculatif des transactions commerciales autour du mouton de Tabaski sont nombreux et il est difficile de fournir, ici, une liste exhaustive. L'augmentation nette des prix liée à l'avènement de la Tabaski, reflétée par la différence des prix moyens avec et sans Tabaski, a été utilisée dans la présente étude comme variable d'analyse de ces spéculations commerciales selon les facteurs race et zone de transactions commerciales. L'analyse de la variance (Tableau 7) ne révèle pas de différences significatives de la différence du prix avec et sans tabaski selon la race ($p=0,079$) et la localité siège de transactions commerciales ($p=0,051$) pour la classe des moutons de petit format et de moyen format. En revanche, pour la classe de moutons de grand format, il n'y a non plus de différences significative ($p=0,576$) entre races mais subsiste entre les deux localités; à Badaguichiri les spéculations des transactions commerciales autour d'un mouton de Tabaski de grand format entraînaient une augmentation de prix

nette de 32837 F CFA pendant qu'à Tahoua, il était de 41333± 14475. Ceci indique aussi, que la spéculation commerciale à plus d'ampleur au niveau du grand centre urbain.

Tableau 7. *Analyse de variance de la différence de prix pendant et après tabaski*

Format	Variable	Modalité	n	Valeur moyenne	Ecart type	P-value
Petit format	Moyenne générale		93	18000	5837	0,079
	Race	Ara-ara	29	18655	6466	
		Bali-bali	12	22100	4862	
		Oudah	52	17000	5481	
	Zone	Badaguichiri	40	16675	5342	0,051
		Tahoua	53	18032	6033	
Format moyen	Moyenne générale		93	24700	9118	0,863
	Race	Ara-ara	18	25667	10250	
		Bali-bali	24	23833	11154	
		Balami	1	30000	-	
		Oudah	50	24640	7245	
	Zone	Badaguichiri	40	23000	8013	0,121
		Tahoua	53	25962	9752	
Grand format	Moyenne générale		91	36800	14743	0,756
	Race	Ara-ara	11	39818	17040	
		Bali-bali	20	34150	11618	
		Balami	8	38550	16716	
		Oudah	52	36846	15259	
	Zone	Badaguichiri	49	32837	13948	0,005
		Tahoua	42	41333	14475	

Source: enquête terrain, 2020

6 DISCUSSIONS

L'étude révèle que l'élevage est pratiqué par les jeunes et les personnes âgées, mais seuls les Hommes étaient des chefs d'exploitation ou de ménage. La majorité des enquêtées sont des hommes mariés, cela traduit le niveau de responsabilité sociale et l'expérience des éleveurs dans la gestion et la conduite des animaux. Le capitale expérience des éleveurs compenserait l'effet de leur faible niveau d'instruction comme cela a été observé dans l'étude menée par [8], contrairement aux éleveurs urbains qui dans leur grande majorité étaient scolarisés [9], [10]. L'activité d'embouche ovine dans la ville de Tahoua et de Badaguichiri est pratiquée exclusivement par les hommes (100%). Le genre apparaîtrait comme un facteur discriminant dans la pratique d'embouche ovine dans la ville de Tahoua et Badaguichiri. La faible implication des femmes dans l'activité d'embouche est en accord avec les résultats apportés par [11], qui ont noté un taux de 23,8% des femmes pratiquant l'embouche dans l'ouest du Burkina Faso. Cette situation pourrait s'expliquer par le fait que les hommes sont généralement les propriétaires des animaux, dans la mesure où il est constaté que les femmes interviennent dans les préparations des rations alimentaires et l'entretien des animaux. L'étude montre également que la race *Oudah* est la race la plus appréciée, avec un poids dont le coefficient est le plus élevé, ce qui laisse présager montre que ce sous-type génétique est plus important que les autres races dans cette zone, contrairement au Sénégal où c'est la race *ladoum* la plus appréciée. L'alimentation des animaux embouchés est essentiellement basée sur l'apport minimal d'énergie, de minéraux, d'azote et des vitamines indispensables au bon fonctionnement de son organisme. Dans cette étude on constate que la ressource alimentaire est basée sur les fourrages, son, tourteau et minéraux. Des résultats similaires à notre étude ont été trouvés dans la ville de Dakar au Sénégal et à Garoua au Cameroun par [12], [13]. En ce qui concerne les critères principaux liés aux animaux pour la fixation du prix que compte les vendeurs/revendeurs lors de vente de leurs moutons de Tabaski ne s'opposaient pas du tout à celle trouvée au Burkina Faso par [14] où c'est la couleur de la robe, les cornes et le poids de l'animal, qui sont les critères principaux de fixation des prix. Cela prouve que les vendeurs/revendeurs de la ville de Tahoua et Badaguichiri ont leurs propres critères qui sont liés aux animaux pour la fixation des prix des moutons de Tabaski. Pour la commercialisation du mouton, les prix des animaux pendant et après la fête de Tabaski ont varié selon le type de format des moutons. Nos résultats ne sont pas similaires à ceux trouvés au Cameroun par [15], au Sénégal par [16] et au Burkina Faso par [17]. Le poids vif a été le principal facteur qui a déterminé le prix du mouton en toute période d'observation. En le retirant du modèle de régression, la hauteur au garrot et le périmètre thoracique sont devenus les principaux déterminants significatifs

du prix, respectivement la semaine avant et la semaine d'après les fêtes. Ces deux paramètres (avant et après la fête) pris individuellement étant identiques, les prix qu'ils déterminent ne peuvent être qu'identiques.

7 CONCLUSION

La présente étude a permis de comprendre certaines réalités inhérentes à la pratique d'embouche ovine et la spéculation commerciale de mouton de Tabaski dans la ville de Tahoua et Badaguichiri. C'est une activité essentiellement pratiquée par les hommes qui sont en majorité des agropasteurs et des commerçants de bétail. Ainsi, les critères principaux liés aux moutons de tabaski pour la fixation du prix par les vendeurs et acheteurs sont similaires. Ils sont entre autres, la race, la couleur de la robe, l'embonpoint et la conformation. Concernant les races de mouton, le suivi des marchés révèle une prédominance des moutons *Oudah*, qui est la race la plus représentée et la plus appréciée par les vendeurs/revendeurs et les acheteurs dans les localités de Tahoua et de Badaguichiri. Cela s'explique par le fait que *Oudah* est une race à viande, ce qui répond aux critères religieux pour le choix de ce mouton dans le sacrifice de Tabaski. La technique de fixation du prix des moutons sur le marché est une méthode endogène efficace qui met en évidence l'influence du format ou la morphologie des animaux, lors des périodes festives. Les fêtes, en particulier la Tabaski, restent le moment de meilleure valorisation commerciale des moutons. Cette dynamique du prix des moutons peut être utilisée par les producteurs et les importateurs comme base de données commerciales utiles à la programmation de vente aux moments propices ouvrant la voie à la spéculation commerciale.

REFERENCES

- [1] CEDEAO 2009. Aménagements pastoraux et organisation de la transhumance transfrontalière. Formulation et mise en œuvre d'un Programme Régional d'Investissement Agricole (PRIA). Abuja, Nigeria, 58 p.
- [2] RECCA 2012. Référentiel technico-économique de l'embouche ovine, Ministère de l'agriculture et de l'élevage du Niger, 1ère édition juin 2011. 37p.
- [3] AYANTUNDE, A. A., FERNANDEZ RIVERA, S. ET DAN-GOMMA, A. 2008. « L'embouche ovine à base de fanes d'arachides et de son de mil dans le Sahel ouest africain », Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, 61 (3-4), pp. (215-220).
- [4] INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE 2011. Le Niger en chiffres. Ministère de l'Economie et des Finances. Niamey, Niger, 80 p.
- [5] ALI, D., D., 2018. Déterminants de la consommation de la volaille: cas de la ville de Tahoua: mémoire de licence ès Sciences Agronomiques; FSA/UTA. 27p.
- [6] INSTITUT NATIONAL DE STATISTIQUE, 2018. Tableau de bord social, Ministère du plan, édition 2018 NIN, 106 p.
- [7] PAGOT J. 1985. L'élevage en pays tropicaux. Paris, Editions, Maisons Neuve, Agence de Coopération Culturelle et Technique, Série élevage-1, n°34, Cirad, 527 p.
- [8] DIEDHIOU M., 1996 Le Mouton à Dakar. Production et commercialisation à la Tabaski. Thèse vétérinaire. Edition Paris (France), 80 p.
- [9] GALIO, H. B., 2018. Pratique d'embouche et spéculation commerciale de mouton de Tabaski dans la ville de Tahoua: mémoire de licence ès Sciences Agronomiques; FSA, 27p.
- [10] SANON H. O., ZORMA A., SIMIAN A., OBULBIGA M. F., COMPAORE E., 2018. Analyse des pratiques d'embouche ovine dans deux zones semi-arides du Burkina Faso, J.APPL. Bioscience, 150, 13 p.
- [11] YAPI-GNAORE C.V., ZANA O., TOURE G., 1994. « Evolution des prix des moutons autour de la fête de Tabaski sur le marché à petits ruminants de Bouaké ». In: Socio économie de l'élevage ovin en milieu périurbain. Rapport semestriel d'activités. Bouaké, Côte d'Ivoire, Idessa, 22 p.
- [12] FADIGA L., 1990. Approvisionnement et commercialisation du mouton de Tabaski au Sénégal. Etude du marché de Dakar. Thèse: Méd. Vét: Dakar; 42 p.
- [13] CHEVASSUS N., 1992. Enquête technico-économique sur l'embouche ovine en période de Tabaski à Garoua (Nord Cameroun). Maisons-Alfort, France, Cirad-emvt, 107 p.
- [14] DRABO, A. 2011. Diagnostic des pratiques d'embouche bovine et ovine dans l'ouest du Burkina Faso. Mémoire d'ingénieur en vulgarisation agricole, Université polytechnique de Bobo –Dioulasso (UPB), Bobo-Dioulasso, 80p.
- [15] ABBA D., 1998. Variation du prix du bélier dans la zone sahélienne du Cameroun. Tropicultura, 16-17: pp (15-17).
- [16] MBAYE A., 1990. Bilan de l'opération Tabaski 1990 DIREL MRA Dakar commercialisation des produits de l'élevage. Exemple de l'axe Dahra - Dakar: ISRA - 17p.
- [17] SANGARE, M., THYS, E., ET GOURO, AS. 2005. Techniques d'embouche ovine, choix de l'animal et durée. (Production Animale en Afrique de l'Ouest. Fiches; 13). Bobo-Dioulasso: Centre International de Recherche-Développement sur l'Elevage en zone Subhumide (CIRDES), 8 p.

Modélisation de la croissance de la tomate (*Lycopersicum esculentum*) à partir des réseaux de neurones artificiels dans la région de Daloa (Côte d'Ivoire)

[Modeling the growth of tomato (*Lycopersicum esculentum*) from artificial neural networks in the region of Daloa (Côte d'Ivoire)]

Kouame N'guessan¹ and Assidjo Nogbou Emmanuel²

¹Université Jean Lorougnon GUÉDE (UJLoG), Laboratoire de l'Amélioration de la Production Agricole,
UFR Agroforesterie, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

²Institut National Polytechnique Felix Houphouët-Boigny (INP-HB), Laboratoire des Procédés Industriels
de Synthèse et Environnement, BP 1313 Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

Copyright © 2021 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 tomato is an annual herbaceous plant, of the Solanaceae family. It is cultivated for its fruits which are consumed either fresh or cooked, or processed industrially. Its growth is a complex phenomenon which involves several parameters. A study of the growth parameters carried out in the region of Daloa (Côte d'Ivoire) showed a complexity of the growth of the tomato at the level of the number of leaves, the length of the leaves, the width of the leaves, the height of the trunk and the circumference of the trunk of the tomato plant. For this purpose, mathematical models were developed to predict the growth of the tomato plant from artificial neural networks for the number of leaves, the length of the leaves, the width of the leaves, the height of the plant and the circumference of the trunk of the tomato plant. The coefficients of determination between the experimental measurements and the measurements predicted by artificial neural networks are respectively 0.9722; 0.9925; 0.997; 0.9945 and 0.9926 for plant height, number of leaves, plant circumference, leaf length and width. These results are satisfactory insofar as all the coefficients of determination (R^2) are greater than 0.97. These coefficients close to 1 show a good interpolation between the experimental values and those predicted by the model. They indicate that the values predicted by artificial neural networks are almost more than 97% close to the experimental values. Because of this, artificial neural networks are reliable enough to predict tomato growth in leaf count, leaf length, leaf width, plant height, and trunk circumference of the tomato plant.

KEYWORDS: Tomato, Growth, Modeling, Neural network, Validation, Daloa.

RESUME: La tomate est une plante herbacée annuelle, de la famille des Solanacées. Elle est cultivée pour ses fruits qui sont consommés soit frais ou cuit, soit transformés industriellement. Sa croissance est un phénomène complexe qui fait intervenir plusieurs paramètres. Une étude des paramètres de croissance réalisée dans la région de Daloa (Côte d'Ivoire) a montré une complexité de la croissance de la tomate au niveau du nombre de feuilles, de la longueur des feuilles, de la largeur des feuilles, de la hauteur du tronc et de la circonférence du tronc de la plante de tomate. A cet effet, des modèles mathématiques ont été élaborés pour prévoir la croissance de la plante de tomate à partir des réseaux de neurones artificiels pour le nombre de feuilles, la longueur des feuilles, la largeur des feuilles, la hauteur de la plante et la circonférence du tronc de la plante de tomate. Les coefficients de détermination entre les mesures expérimentales et les mesures prédites par les réseaux de neurones artificiels sont respectivement de 0,9722; 0,9925; 0,997; 0,9945 et 0,9926 pour la hauteur de la plante, le nombre de feuille, la circonférence de la plante, la longueur et la largeur des feuilles. Ces résultats sont satisfaisants dans la mesure où tous les coefficients de détermination (R^2) sont supérieurs à 0,97. Ces coefficients proche de 1 montrent une bonne interpolation entre les valeurs expérimentales et celles prédites par le modèle. Ils indiquent que les valeurs prédites par les

réseaux de neurones artificiels sont pratiquement à plus de 97 % proches des valeurs expérimentales. De ce fait, les réseaux de neurones artificiels sont suffisamment fiables pour prédire la croissance de la tomate au niveau du nombre de feuilles, de la longueur des feuilles, de la largeur des feuilles, de la hauteur de la plante et de la circonférence du tronc de la plante de tomate.

MOTS-CLEFS: Tomate, Croissance, Modélisation, Réseau de neurones, Validation, Daloa.

1 INTRODUCTION

Dans le secteur vivrier, les légumes jouent un rôle prépondérant dans l'alimentation quotidienne des populations. Les importations en légumes et fruits occasionnent une sortie de devise estimée à environ 10 milliards [1]. Selon l'Agence Nationale d'Appui au Développement Rural (ANADER), les quantités en produits légumiers s'élevaient en 2009 à 760 000 tonnes [2]. Parmi les légumes cultivés, c'est une culture de rente importante pour les petits exploitants et pour les agriculteurs commerciaux qui ont une exploitation moyenne. La tomate (*Lycopersicum esculentum*) est devenue un des légumes les plus importants du monde. En 2001, la production mondiale de tomate était d'environ 105 millions de tonnes de fruits frais sur une superficie évaluée à 3,9 millions d'hectares. Elle se positionne au premier rang mondial des fruits cultivés avec une production d'environ 152 millions de tonnes en 2010 [3]. En Côte d'Ivoire, les besoins en tomate étaient estimés à plus de 200 000 tonnes en 2002 [4] alors que la production nationale qui est de 52 000 tonnes/an reste largement inférieure pour couvrir cette demande [5]. Depuis quelques années, tout le territoire de la Côte d'Ivoire, subit les effets du changement climatique dont l'une des manifestations visibles est la variabilité spatio-temporelle de la pluie. A cela s'ajoute la baisse du niveau de fertilité des sols, affectant ainsi les rendements des cultures. Aujourd'hui, le constat amer du déclin de la production agricole est en grande partie justifié par ces problèmes climatiques et édaphiques. Il est donc important de trouver de nouvelles méthodes permettant la maîtrise et la prévision de ses phénomènes. Une des grandes approches de la résolution de ses problèmes est la modélisation. Ainsi, l'utilisation des outils d'aide de décisions tels que les modèles de cultures se présente comme une nécessité. Pour cela, divers modèles de culture de tomate tels que APSIM [6], Crop Syst [7], APES [8] ou modèle générique STICS (capable de simuler le fonctionnement de plusieurs cultures à partir des données sur le sol, le climat, les caractéristiques des cultures et les pratiques culturales), (Brisson *et al.* [9]; Brisson *et al.* [10]) ont été développés par la recherche afin d'étudier la productivité ainsi que l'effet des facteurs climatiques et édaphiques sur la production et décrire un grand nombre de processus écophysiologicals et agronomiques, représentatifs de la plupart des espèces annuelles cultivées [11]. Malgré ces connaissances récentes, les modèles concernant la croissance de la plante de tomate demeurent rares. C'est pourquoi la présente étude se propose de prendre part à la résolution de ce problème en modélisant plus particulièrement la croissance de la plante de tomate pour une meilleure production qui passe nécessairement par une bonne croissance.

L'objectif principal de ce travail, consiste à utiliser les réseaux de neurones artificiels pour prédire la croissance des plantes de tomate en temps réel et anticiper sur celle-ci afin de maîtriser la productivité de cette plante.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 ZONE D'ÉTUDE

La phase d'expérimentation s'est déroulée dans la région du Haut Sassandra. Cette région est située au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire avec pour chef-lieu, la ville de Daloa (Figure 1). Le département de Daloa est situé entre 6°53'58" de latitude Nord et 6°26'32"W de longitude Ouest avec une superficie de 15 205 km² pour une population estimée à 1.430.960 habitants [12]. Le site d'expérimentation se trouve à proximité de la bibliothèque de l'Université Jean Lorougnon Guédé à environ 300 m de celle-ci. Cette zone est sujette à quatre saisons réparties comme suit: une grande saison des pluies allant d'Avril à mi-Juillet, une petite saison sèche de mi-Juillet à mi-Septembre, une petite saison des pluies de mi-Septembre à Novembre et la grande saison sèche de Décembre à Mars. Il s'agit d'une zone tropicale humide (Tableau 1) avec une végétation de forêt dense à évolution régressive due à la pratique d'une agriculture extensive et itinérante couplée à l'exploitation incontrôlée des essences forestières [13]. Le patrimoine édaphique est de type ferrallitique. Les précipitations ont connu une baisse passant de 1868,5 mm en 1968 à 1120,4 mm de pluie en moyenne en 2005. La région connaît une baisse de la pluviométrie de l'ordre de 40 % [14]. Le département est arrosé par le fleuve Sassandra et par son affluent la "Lobo" dont les ramifications, le Dé et le Gore inondent l'ensemble des localités [13].

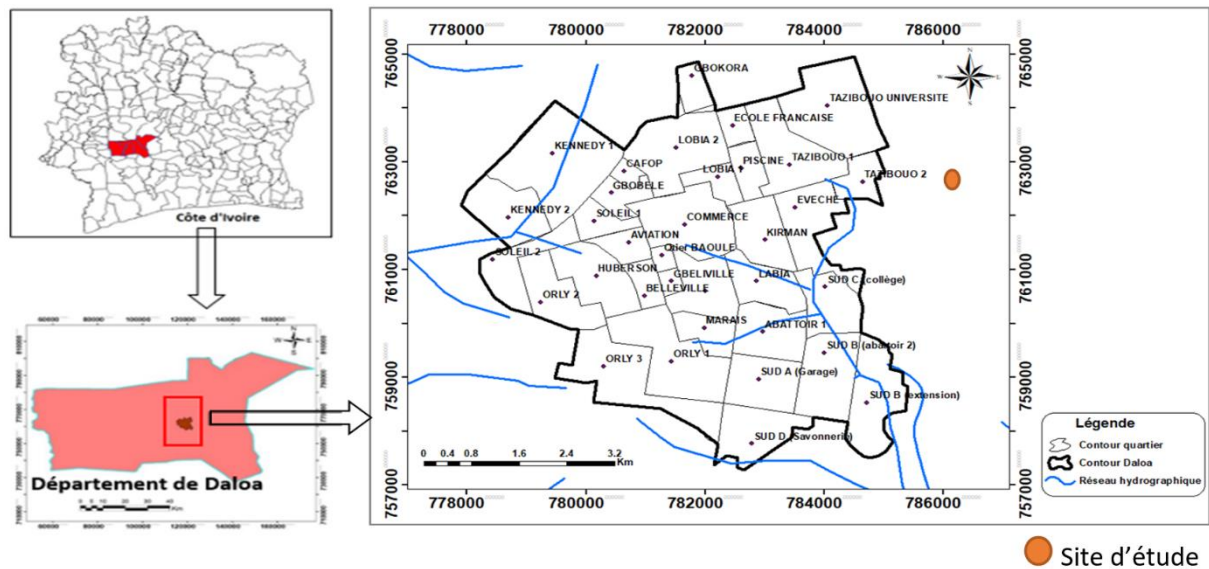


Fig. 1. Présentation de la zone d'étude

Tableau 1. Evolution des données climatiques de la région de Daloa pendant la période d'expérimentation

Mois	Température moyenne (°C)	Température maximale (°C)	Température minimale (°C)	Humidité relative (%)	Précipitations (mm)
Mai 2020	27,9	33,1	23,5	79,7	113,03
Juin 2020	26,4	30,6	22,9	84,6	107,18
Juillet 2020	25,2	28,6	22,3	86,6	105,14
Aout 2020	25	28,8	21,8	83,8	109,74

Source: www.tutiempo

2.2 MATÉRIEL VÉGÉTAL

Le matériel végétal est constitué de plante de tomate issue de graine de la variété UC 82.

2.3 MÉTHODES EXPÉRIMENTALES

2.3.1 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Le dispositif expérimental était un bloc de Fisher avec trois (03) répétitions. Chaque bloc était constitué de deux billons soit au total six (6) billons pour la parcelle. Chaque billon était séparé d'une allée de 1 m de large et a une dimension de 10 m x 40 cm. Les plants ont été repiqués sur les billons, espacés de 0,40 m sur la ligne et pour un total de 20 plants par billon. Le total des plants est de 120 pour une superficie de 15 m² (15 m x 15 m), soit une densité d'environ 25000 plants/hectare.

2.3.2 MISE EN PLACE D'UNE PLANCHE DE PÉPINIÈRE

Une planche de pépinière de 1 m de large et 3 m de long a été réalisée. Du furadan a été utilisé sur la planche pour désinfecter le sol. Le Furadan a pour matière active le Carbofuran (famille des carbamates). Il se présente sous forme de granulés et a été appliqué à la volée à la dose de 28 Kg/ha.

2.3.3 SEMIS EN PÉPINIÈRE

Le semis a été effectué le 30 Mai 2020 à raison de 2 graines par poquet et distants de 5 cm sur la ligne soit 20 poquets par ligne de 1 m. L'écartement entre deux lignes de semis est de 10 cm. La pépinière a été constituée de 3 lignes de semis, soit 60 poquets pour la variété. La planche a été recouverte de paille avant l'arrosage, afin d'éviter de tasser les graines.

2.3.4 SUIVI ET ENTRETIEN DE LA PÉPINIÈRE

Après la germination des graines entre le 6 et le 14 juin 2020, la paille a été enlevée. Une ombrière a été construite à 80 cm au-dessus du sol pour protéger les plants contre l'ensoleillement. Un film plastique a été posé sur l'ombrière pour éviter que les plants ne reçoivent l'eau de pluie. Des arrosages réguliers (2 fois par jour, matin et soir) ont été réalisés au début, puis réduit à un arrosage par jour à environ 10 jours après. L'ombrière a été retirée au fur et à mesure que les plants se développaient par la réduction régulière du nombre de paille de couverture. Elle a été totalement enlevée à partir du 26 juin 2020 avant le repiquage pour permettre aux plants de supporter la température ambiante avant d'être transplantés au champ.

2.3.5 PRÉPARATION DU TERRAIN

La parcelle choisie était couverte d'une jachère non améliorée. Cette parcelle a été défrichée, labourée et une fumure de fond de NPK (10-18-18), à raison de 250 kg/ha a été préalablement apportée lors de la mise en place des billons et ensuite la transplantation des plants vigoureux a été effectuée, un (01) mois après la date du semis en pépinière. Les tuteurs ont été mis en place lors du repiquage. Les observations au champ ont été effectuées et se sont achevées à la floraison.

2.3.6 PLANTATION, SUIVI ET ENTRETIEN DE LA CROISSANCE DES PLANTS DE TOMATE

Après le repiquage, un arrosage régulier (matin et soir) a été effectué selon le besoin. Le remplacement des pieds morts s'est déroulé à partir de 10 jours après le repiquage et s'est étendu sur deux semaines. Les remplacements ont été effectués après flétrissement des pieds ou après la coupe des pieds par un ravageur. Des sarclages manuels ont été effectués afin d'éviter la compétition des plantes de tomates avec les espèces sauvages. Deux traitements phytosanitaires (insecticide et fongicide) ont été effectués avec du Cigogne (40 mL dans 15 litre d'eau pour 400 m²) et du manèbe (75 g dans 15 litre d'eau). Des traitements préventifs à base de Décis (Deltaméthrine) et d'Ivory 80WP (mancozèbe) ont été effectués à titre préventif pour éviter et lutter contre la présence des ravageurs.

2.3.7 MESURE ET APPRÉCIATION DE LA CROISSANCE ET DU DÉVELOPPEMENT

Les caractéristiques de croissance et de développement mesurées sont les mêmes que celles définies par Shankara *et al.* [15].

2.3.7.1 PARAMÈTRES DE CROISSANCE DE LA TOMATE

Les mesures de croissance sont réalisées en centimètre et notées sur une fiche. Les observations ont porté sur l'appareil végétatif, notamment la hauteur et la circonférence des plantes de tomate, le nombre de feuilles, la longueur et la largeur des feuilles. Elles ont démarré le 07 juillet 2020 et se sont achevées à la floraison. Les mesures des paramètres de croissance et de développement ont été faite de façon hebdomadaire. Les observations ont porté sur un effectif de 60 plants, pris de façon aléatoire sur la parcelle choisit parmi les 120 plantes de tomate de la parcelle.

2.3.7.2 DIMENSIONS FOLIAIRES

La croissance foliaire a été appréciée de façon hebdomadaire en mesurant la longueur (Lg) de la dernière feuille fonctionnelle, de la base du limbe jusqu'à l'extrémité de feuille. La largeur (Ig) de la feuille a été évaluée en considérant la plus grande dimension de la partie médiane de cette même feuille. Les valeurs ont été exprimées en centimètres.

2.3.7.3 DIMENSIONS DU TRONC

La hauteur et la circonférence ont été les paramètres mesurés pour suivre la croissance du pseudotrunc. La hauteur du tronc (Hp) a été mesurée à partir du collet jusqu'au sommet de la plante. La circonférence du tronc, par contre, a été évaluée à la base de la plante au niveau du collet.

2.3.7.4 PARAMÈTRES DE DÉVELOPPEMENT

Le développement de la plante de tomate a été suivi par le comptage du nombre de feuilles fonctionnelles sur les 20 plantes prises de façon aléatoire dans chaque bloc.

2.3.8 DÉMARCHE DE MODÉLISATION DE LA CROISSANCE PAR LE MODÈLE EMPIRIQUE

Dans cette étude, la modélisation de la croissance de la tomate a été assurée par un modèle empirique utilisant comme outil les réseaux de neurones artificiels (RNA). La démarche de modélisation utilisée est celle de Kouame [16].

2.3.8.1 MODÉLISATION DE LA CROISSANCE DE LA TOMATE PAR LE RÉSEAU DE NEURONES ARTIFICIELS

La modélisation de la croissance de la plante de tomate a été réalisée grâce à un réseau de neurones artificiels à travers un programme élaboré dans le logiciel Matlab R2010b (Math Works Inc., Massachusetts USA). Ce programme a permis de mettre en place un modèle empirique qui s'est élaboré en plusieurs étapes.

2.3.8.2 DÉTERMINATION DES PARAMÈTRES D'ENTRÉES ET DES PARAMÈTRES DE SORTIES DU RÉSEAU DE NEURONES ARTIFICIELS.

Les paramètres de croissance (paramètres explicatifs) suivis ont été retenus pour expliquer et prédire la croissance de la tomate. Ils ont représenté respectivement les paramètres d'entrées à l'instant t et les paramètres de sorties à l'instant $t+1$ du réseau de neurones artificiels. Pour faciliter l'expression mathématique du modèle, des symboles ont été attribués aux différents paramètres. Il comprend cinq neurones d'entrée correspondant aux cinq paramètres suivis expérimentalement et cinq neurones de sortie correspondant aux cinq variables de sortie à l'instant $t+1$ (Figure 2).

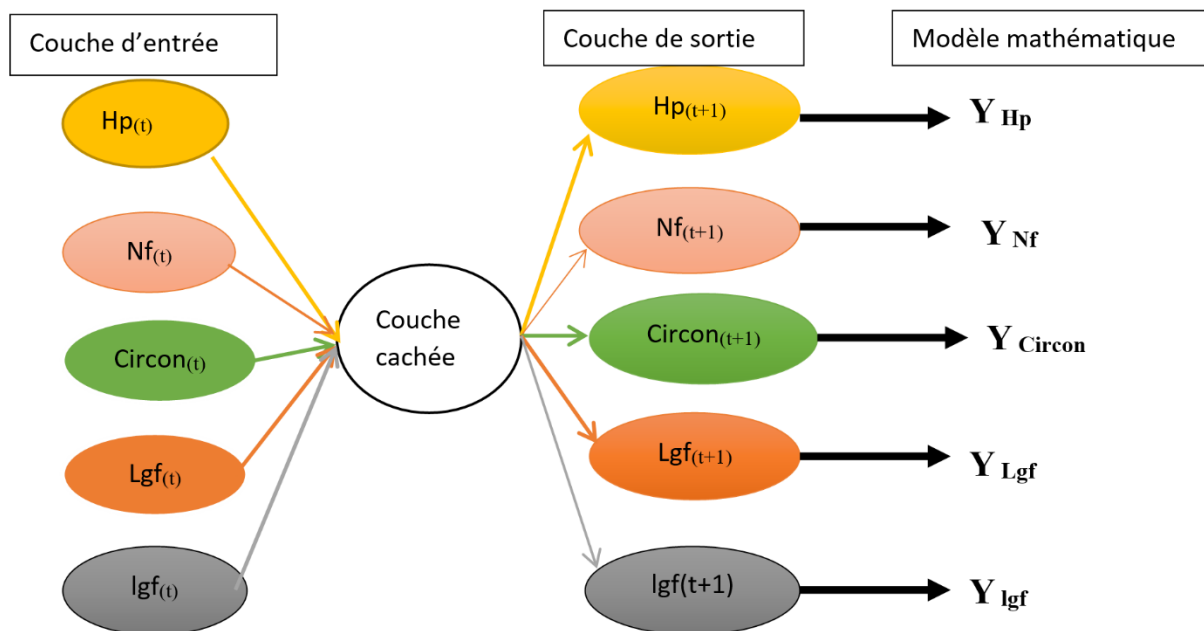


Fig. 2. Réseau de neurones bouclés avec 5 couches d'entrées, une couche cachée et 5 couches de sortie

2.3.8.3 CONSTRUCTION ET PRÉPARATION DE LA BASE DE DONNÉES

La base de données a été constituée des mesures prises au champ lors de la croissance de la plante de tomate. Cette base de données implémentées dans le module réseau de neurones artificiels du logiciel Matlab R2010b (Math Works Inc., Massachusetts USA), a subi une étape de normalisation dans la gamme $[-1; +1]$. Cette normalisation permet de réduire les erreurs de dispersions en accélérant la convergence du réseau pendant l'apprentissage, et d'augmenter son efficacité de généralisation. Cette base de données normalisée a été par la suite scindée en trois sous-ensembles, de façon aléatoire, pour la détermination des poids de connexion du réseau. Ce partage permet d'éviter les deux pièges que peut rencontrer le réseau de neurones artificiels, à savoir, l'existence de minima locaux et le sur-apprentissage. Un premier groupe de données (50 %) a servi de base d'apprentissage. Dans le second groupe, un quart de données a été utilisé pour la validation. Le deuxième sous-groupe de données (25 % restant) a permis de tester la validité du modèle qui a été retenu.

2.3.8.4 ELABORATION DE LA STRUCTURE DU RÉSEAU DE NEURONES ARTIFICIELS

Dans la mise au point du réseau de neurones artificiels, la partie la plus difficile est la détermination de sa structure qui se fait par le choix de l'architecture, le nombre de couches cachées, le nombre de neurones sur les couches cachées et les fonctions de transfert existant entre les neurones.

2.3.8.5 NOMBRE DE COUCHES CACHÉES ET DE NEURONES CACHÉS

Le nombre de neurones de la couche cachée augmente de manière exponentielle en fonction du nombre d'entrées. Fonctions continues: toutes les fonctions continues bornées sont représentables, avec une précision arbitraire, par un réseau à deux couches [17]. Ce théorème s'applique au réseau dont les neurones utilisent la sigmoïde dans la couche cachée et des neurones linéaires (sans seuil) dans la couche de sortie. Le nombre de neurones dans la couche cachée dépend de la fonction à approximer. Le nombre de couches cachées peut varier entre un et deux. Cependant, notons qu'un perceptron multicouche avec une seule couche cachée pourvue d'un nombre suffisant de neurones, peut approximer n'importe quelle fonction avec la précision souhaitée [18]. Le nombre de neurones cachés k a été varié arbitrairement de 1 à 15 dans la couche cachée jusqu'à aboutir à une architecture optimale.

2.3.8.6 FONCTION DE TRANSFERT

La fonction d'activation (ou fonction de transfert) sert à convertir le résultat de la somme pondérée des entrées d'un neurone en une valeur de sortie, cette conversion s'effectue par un calcul de l'état du neurone en introduisant une non-linéarité dans le fonctionnement du neurone [17]. Le biais « b » joue un rôle de seuil, quand le résultat de la somme pondérée dépasse ce seuil. Il y a plusieurs types de fonctions de transfert qui peuvent être utilisés dans les RNA:

- La fonction sigmoïde;
- La fonction tangente hyperbolique;
- La fonction de Heaviside.

Dans cette étude, une fonction sigmoïde de transfert de type tangentiel a été adoptée car celle-ci est une fonction non linéaire permettant d'exprimer les phénomènes non linéaires comme la croissance de la tomate.

2.3.8.7 APPRENTISSAGE ET VALIDATION DU MODÈLE NEURONAL

L'apprentissage est une étape très importante du développement d'un réseau de neurones durant laquelle le comportement du réseau est modifié itérativement jusqu'à l'obtention du comportement désiré, et ce par l'ajustement des poids (connexion ou synapse) des neurones à une source d'information bien définie [19]. Pour un RNA, l'apprentissage peut être regardé également comme étant le processus de la mise à jour des poids (connexion) au sein du réseau dans le but d'ajuster la réponse du réseau à l'expérience et aux exemples. Dans cette étude, pour arriver à de bons résultats, les calculs ont été répétés 1500 fois pour chaque $k \in [1; 15]$, nombre de neurones cachés. La phase de validation s'est déroulée simultanément avec la phase d'apprentissage. Ainsi, chaque fois que les poids ont été déterminés dans la phase d'apprentissage, l'erreur absolue Δy (valeur calculée $y_{\text{préd}}$ – valeur expérimentale y_{exp}) a été mesurée dans l'ensemble de la validation. Toutefois, la validation du modèle neuronal a été réalisée par le Coefficient de corrélation (R) entre les valeurs prédites et les valeurs expérimentales, par l'Erreur Quadratique Moyenne (EQM) pour différents comportements architecturaux et par le coefficient de détermination (R^2).

2.3.9 TRAITEMENTS STATISTIQUES DES DONNÉES

2.3.9.1 COEFFICIENT DE CORRÉLATION (R)

Le coefficient de corrélation (R) est utilisé habituellement pour évaluer la performance des modèles mathématiques. Il est obtenu en faisant la régression linéaire entre les valeurs expérimentales et les valeurs prédites par le réseau. Lorsque la valeur absolue du coefficient de corrélation (R) entre les valeurs expérimentales et celles prédites par le réseau tend vers zéro (0), le degré de liaison est faible. Par contre, lorsqu'elle est proche de 1, la liaison réciproque est forte [20]. Sa formulation est élaborée comme suit:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^N (y_e - \overline{y_e})(y_c - \overline{y_c})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (y_e - \overline{y_e})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (y_c - \overline{y_c})^2}} \quad (1)$$

y_e étant les valeurs expérimentales;

y_c les valeurs calculées par le réseau pour les $i=1, \dots, N$;

$\overline{y_e}$ et $\overline{y_c}$ qui sont les moyennes respectives des valeurs expérimentales et les valeurs calculées par le réseau;

N qui correspond au nombre de variables.

2.3.9.2 ERREUR QUADRATIQUE MOYENNE (MEAN SQUARE ERROR) (EQM)

L'Erreur Quadratique Moyenne (EQM) est généralement utilisée pour mesurer la performance de l'étape d'apprentissage pendant le développement du modèle neuronal. L'expression de l'erreur quadratique moyenne (EQM) est présentée de la manière suivante [21] et [22].

$$EQM = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_e - y_c)^2 \quad (2)$$

y_e et y_c qui sont respectivement les valeurs expérimentales et celles calculées par le réseau pour les $i = 1, \dots, N$

2.3.9.3 COEFFICIENT DE DÉTERMINATION (R^2)

Les valeurs prédites par le modèle et celles expérimentales ont été simulées avec le logiciel Matlab R2010b (Math Works Inc., Massachusetts USA). La performance de la qualité de la prévision a été déterminée par le coefficient de détermination (R^2). Ce coefficient permet de mesurer la qualité de l'ajustement des estimations de l'équation de régression. Il est utilisé pour avoir une idée globale de l'ajustement des modèles développés dans cette étude. Lorsque R^2 est proche de 1 dans le cas d'une régression simple, l'ajustement entre les valeurs expérimentales et prédites est meilleur [23]. L'expression du coefficient de détermination (R^2) est donnée par l'équation (3) suivante:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (y_{préd} - \overline{y_e})^2}{\sum_{i=1}^N (y_e - \overline{y_e})^2} \quad (3)$$

y_e et $y_{préd}$ étant respectivement les valeurs expérimentales et calculées pour $i=1, \dots, N$

$\overline{y_e}$ étant la moyenne des valeurs mesurées ou expérimentale

3 RESULTATS

Dans cette étude, la croissance de la tomate a été modélisée par le modèle empirique, en l'occurrence le réseau de neurones artificiels. Les étapes de la modélisation ont consisté à déterminer l'architecture des réseaux de neurones puis à valider le modèle neuronal optimisé. Les modèles établis représentent chaque paramètre de croissance étudié soit au total cinq modèles mathématiques pour cette étude. Chaque modèle peut permettre de prévoir la croissance soit au niveau foliaire (en nombre, en longueur et en largeur), soit au niveau du pseudotrunc (en épaisseur et en hauteur). La formule mathématique trouvée est spécifique pour ces paramètres.

3.1 ARCHITECTURE DU RÉSEAU DE NEURONE

La modélisation de la croissance de la tomate a débuté par la détermination de l'architecture neuronale qui permet de mieux ajuster les mesures expérimentales. Le nombre de neurones « k » dans la couche cachée qui optimise le réseau de

neurones artificiels a été déterminé. Ceci revient à déterminer les neurones cachés permettant un bon coefficient de corrélation (R) entre les valeurs prédites et les valeurs expérimentales. Les Erreurs Quadratiques Moyennes (EQM) ont été utilisés pour déterminer le réseau optimal.

Le tableau 2 présente les coefficients de corrélation (R) durant les phases respectives d'apprentissage et de validation. L'analyse des résultats de ce tableau montre que les coefficients de corrélation (R) de la hauteur du pseudotrunc par exemple varient de 0,8658 à 0,9325 pour la phase d'apprentissage et de 0,7271 à 0,8784 pour la phase de validation. En considérant toutes les réponses, les coefficients de corrélation (R) évoluent dans le même ordre, c'est-à-dire de 0,4000 à 0,9325 pour toutes les phases (apprentissage et validation). Notons que les meilleures valeurs des coefficients de corrélation (R) sont obtenues au niveau de la hauteur du pseudotrunc (0,8784 à 0,9325) et les mauvaises sont observées au niveau de la circonférence du sommet et du nombre de feuilles (0,4000 à 0,4852). En observant les valeurs des coefficients de corrélation (R) pour chaque nombre de neurones cachés durant les phases d'apprentissage et de validation, il ressort que celles-ci sont nettement élevées pour certains neurones tels que 1; 2; 3; 9 et 13. La détermination du nombre de neurones le plus performant entre ces cinq neurones pré-identifiés grâce au coefficient de corrélation s'est faite par la comparaison des Erreurs Quadratiques Moyennes (EQM).

Les neurones 2 et 9 sont les neurones qui ont EQM les plus faible. De ce qui précède, une question se pose. Elle consiste à savoir, parmi les structures neuronales 2 et 9 citées, quelle est celle qui présente la meilleure performance. La détermination de cette performance entre les nombres de neurones 2 et 9 tient compte aussi du neurone le moins complexe.

En somme, en combinant tous les critères de performance du réseau c'est-à-dire le Coefficient de corrélation (R) le plus proche 1, l'Erreur Quadratique Moyenne plus faible et l'architecture neuronale la moins complexe, le meilleur compromis est le nombre de neurone 2. Ceci permet d'avoir une topologie 5-2-5. Cette topologie comporte cinq neurones dans la couche d'entrée, deux neurones dans la couche cachée et cinq neurones dans la couche de sortie. Elle a permis d'élaborer les modèles mathématiques suivants permettant de prédire la croissance de la tomate.

$$Y_{\text{Haut}} = -0,72 Y'_1 - 0,34 Y'_2 - 0,05$$

$$Y_{\text{Nf}} = -0,30 Y'_1 - 0,60 Y'_2 - 0,11$$

$$Y_{\text{Circon}} = -0,48 Y'_1 - 0,16 Y'_2 - 0,36$$

$$Y_{\text{Lgf}} = -0,63 Y'_1 - 0,25 Y'_2 - 0,02$$

$$Y_{\text{lgf}} = -0,60 Y'_1 + 0,07 Y'_2 - 0,44$$

Avec

$$Y'_1 = \text{TanH} [-1,43 \text{ Haut}_{(t+1)} - 0,54 \text{ Nf}_{(t+1)} + 0,32 \text{ Circon}_{(t+1)} - 0,34 \text{ Lgf}_{(t+1)} - 0,15 \text{ lgf}_{(t+1)} - 0,85]$$

$$Y'_2 = \text{TanH} [0,05 \text{ Haut}_{(t+1)} - 1,01 \text{ Nf}_{(t+1)} - 1,54 \text{ Circon}_{(t+1)} - 0,64 \text{ Lgf}_{(t+1)} + 0,91 \text{ lgf}_{(t+1)} + 2,52]$$

Tableau 2. Coefficients de corrélation (R) durant les phases d'apprentissage et de validation

Neurones de la couche cachée	Coefficients de corrélation (phase d'apprentissage)				
	Hp	Nf	Circon	Lgf	lgf
1	0,8658	0,6679	0,6955	0,8138	0,8195
2	0,8676	0,8245	0,6953	0,8152	0,8230
3	0,8831	0,7741	0,7110	0,8260	0,8288
4	0,8948	0,7580	0,7282	0,8377	0,8511
5	0,8933	0,8171	0,7558	0,8322	0,8456
6	0,8955	0,8002	0,7748	0,8415	0,8488
7	0,8899	0,7196	0,7178	0,8590	0,8805
8	0,9052	0,8804	0,7604	0,8501	0,8726
9	0,9011	0,8679	0,8038	0,8392	0,8551
10	0,9099	0,8321	0,7519	0,8662	0,8924
11	0,8991	0,8613	0,8034	0,8403	0,8624
12	0,9199	0,8262	0,7719	0,8521	0,8784
13	0,9116	0,8476	0,7924	0,8719	0,8874
14	0,9325	0,8469	0,7871	0,8804	0,9007
15	0,9317	0,8634	0,7853	0,8907	0,9071
Coefficients de corrélation (phase de validation)					
1	0,8771	0,6144	0,6256	0,8294	0,8124
2	0,8784	0,7146	0,6275	0,8288	0,8129
3	0,8737	0,6741	0,6380	0,8237	0,8046
4	0,8313	0,5762	0,5749	0,8102	0,7742
5	0,8633	0,5828	0,6095	0,8461	0,8282
6	0,8436	0,6545	0,5624	0,8137	0,7724
7	0,8544	0,6408	0,5745	0,7034	0,7320
8	0,7976	0,4000	0,5401	0,7832	0,7779
9	0,8490	0,5108	0,5748	0,8212	0,8114
10	0,8087	0,7063	0,5929	0,7257	0,7244
11	0,8711	0,6844	0,6373	0,8171	0,7935
12	0,7749	0,7082	0,6019	0,7894	0,7567
13	0,8379	0,7303	0,6288	0,7582	0,7614
14	0,7303	0,4893	0,4852	0,6982	0,6890
15	0,7271	0,5459	0,5258	0,7078	0,7241

*Les valeurs en gras correspondent aux coefficients de corrélation (R) choisis.

3.2 VALIDATION DU MODÈLE NEURONAL OPTIMISÉ

Après la détermination des réseaux de neurones artificiels optimisés, une autre phase est de confirmer la validité et la fiabilité des modèles. La validation des modèles neuronaux de topologie 5-2-5 a été effectuée par les coefficients de détermination (R^2) entre les valeurs prédites par le réseau et celles expérimentales des mesures restantes de la base de données (Figure 3; 4; 5; 6 et 7). Les résultats de la validation du modèle neuronal 5-2-5 montrent que les coefficients de détermination (R^2) varient entre 0,9659 et 0,9945. Ces valeurs qui sont proches de 1, montrant que les modèles mathématiques sont proches de la réalité entre 96,59 % et 99,45 %.

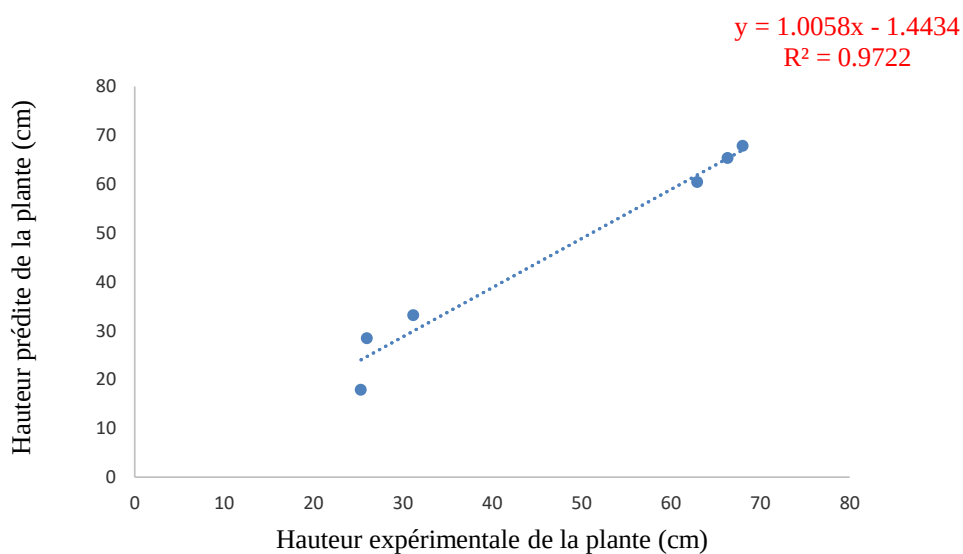


Fig. 3. Courbe de régression entre les valeurs expérimentales et les valeurs prédites par le réseau 5-2-5 pour la hauteur de la tomate

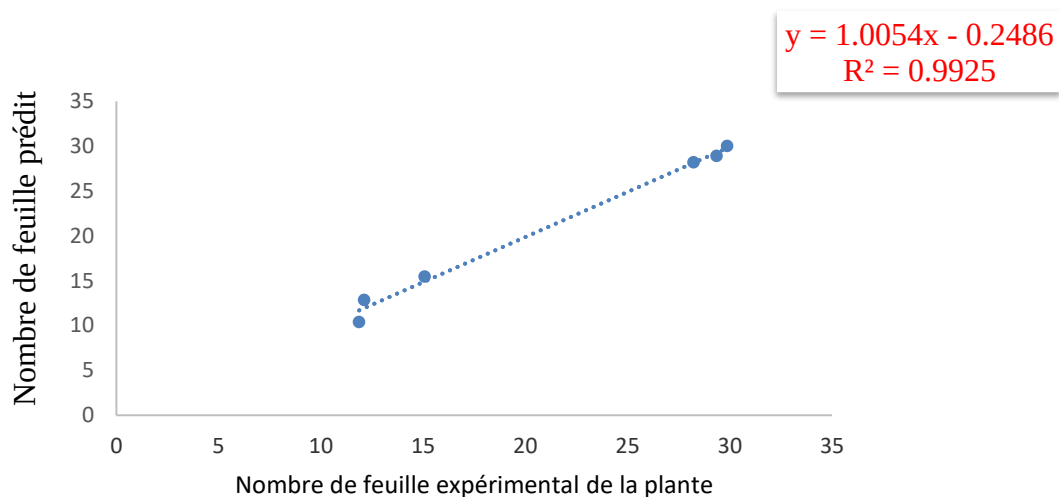


Fig. 4. Courbe de régression entre les valeurs prédites par le réseau 5-2-5 et expérimentales pour le nombre de feuilles de la tomate

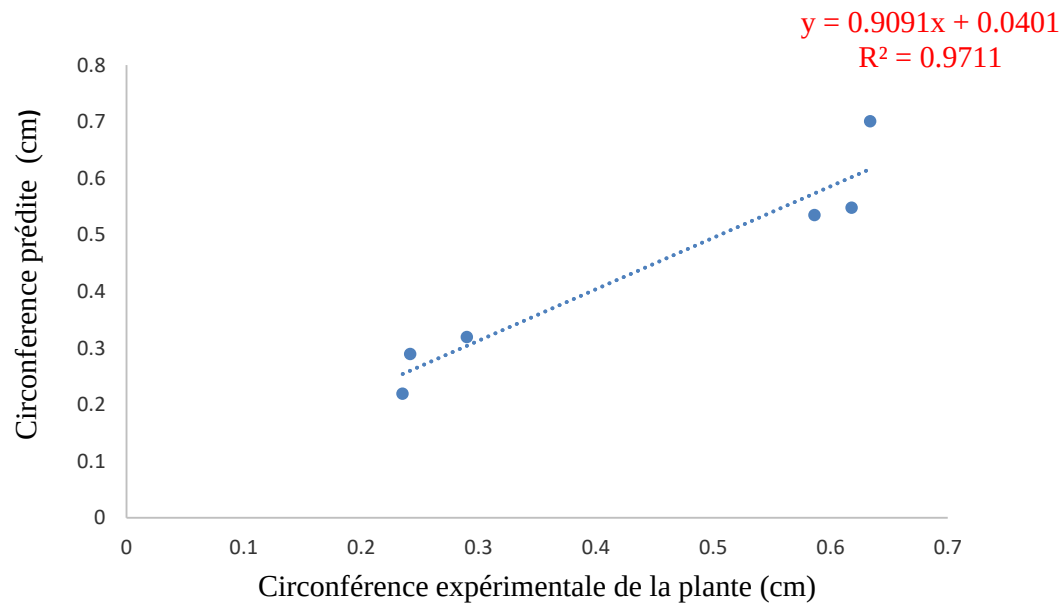


Fig. 5. Courbe de régression entre les valeurs prédites par le réseau 5-2-5 et expérimentales de la circonférence de la tomate

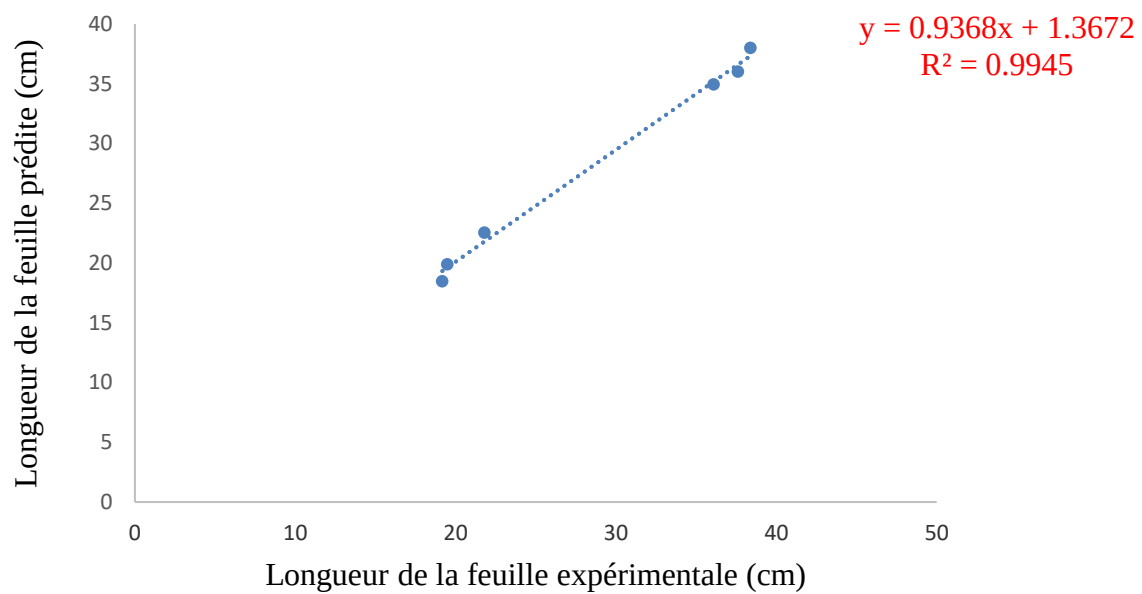


Fig. 6. Courbe de régression entre les valeurs prédites par le réseau 5-2-5 et expérimentales de la longueur des feuilles de la tomate

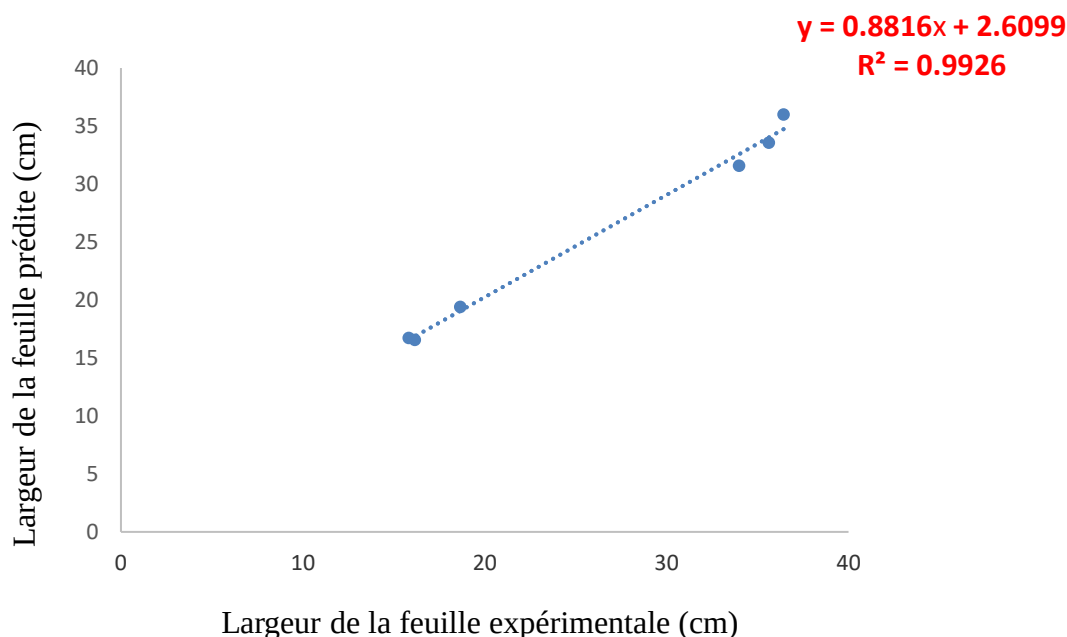


Fig. 7. Courbe de régression entre les valeurs prédites par le réseau 5-2-5 et expérimentales de la largeur des feuilles de la tomate

4 DISCUSSION

Les résultats obtenus sont très variables et dépendent directement des paramètres du réseau. Les simulations réalisées afin de déterminer le nombre de neurones nécessaire pour une prédiction satisfaisante des paramètres de la croissance de la tomate ont montré que l'erreur quadratique moyenne peut être optimisée en choisissant la bonne configuration du réseau. Les simulations précédentes montrent que l'erreur diminue de manière significative à chaque fois qu'on augmente le nombre de neurones cachés. Ensuite, cette erreur est de plus en plus petite, ce qui permet au réseau d'approcher les résultats recherchés. Cependant, une fois le nombre de neurones cachés est fixé à 15 neurones, l'erreur se stabilise même si on augmente d'avantage le nombre de neurones, cela se répercute sur le réseau par une prédiction assez stable à partir de 15 neurones cachés. A cet effet, le meilleur réseau de neurones artificiels est un compromis entre les coefficients de corrélation (R) obtenus pendant la phase d'apprentissage et ceux obtenus pendant la phase de la validation [24] et [25]. En considérant toutes les réponses, y compris celle de l'EQM, l'architecture neuronale 5-2-5 (c'est-à-dire cinq neurones d'entrée, deux neurones dans la couche cachée et cinq neurones de sortie) a été retenue comme meilleure topologie. Cette stabilité de l'erreur montre que les poids sont assez bien entraînés et que cela ne sert à rien de les entraîner davantage. La modélisation réalisée afin de déterminer le nombre de couche cachée nécessaire pour une prédiction satisfaisante des paramètres de la tomate ont montré que l'EQM diminue en général de manière significative au début des premières itérations, puis cette erreur commence à fluctuer jusqu'à ce qu'elle devienne assez stable et optimale [26]. Le réseau a commencé par une petite architecture, puis il s'est développé jusqu'à atteindre une taille qui donne un bon modèle de prévision. Cette méthodologie a permis d'obtenir une variable de neurones k dans la couche cachée qui est entre 1 et 15 [27]. Ce qui a permis de faire le choix du réseau de neurones artificiels le plus performant permettant de mieux approximer la croissance de la tomate à travers les cinq paramètres de croissance. Cela montre clairement que la résolution de notre problème nécessite plus d'une couche cachée c'est-à-dire au moins 2. L'étude de l'erreur quadratique moyenne en fonction du nombre d'itérations révèle que ce dernier joue un rôle très important dans la stabilité du réseau, cependant le nombre d'itérations peut être fixé lorsque l'erreur est petite et les sorties sont satisfaisantes. Une fois qu'on a une bonne prédiction, cela ne sert à rien d'utiliser un nombre d'itérations plus grand. Car selon Thompson et al [20] et Feinberg [23], lorsque le coefficient de détermination (R^2) est proche de 1, l'ajustement entre les valeurs expérimentales et celles prédites par un modèle mathématique est meilleur. La validation de cette modélisation s'est faite par une comparaison entre les courbes issues du modèle par réseaux de neurones et celles obtenues par les valeurs expérimentales [28]. Les coefficients de détermination (R^2) enregistrés par le réseau de neurones artificiels de topologie 5-2-5, sont supérieurs à 0,90 et sont très proches de 1. Cela indique une bonne interpolation entre les valeurs expérimentales et celles prédites. Les résultats obtenus de la prévision et de la simulation de la croissance de la tomate

en temps réel, sont similaires à ceux de Kouame et al [29; 30] dans le cas de la modélisation de la croissance du bananier plantain par le réseau de neurones artificiels de topologie 7-2-7. Ces auteurs ont montré que les valeurs prédites par le réseau de neurones artificiels de topologie 7-2-7 sont très proches des données expérimentales dans la mesure où les valeurs des coefficients de détermination (R^2) sont nettement supérieures à 0,97. Ce résultat confirme l'aptitude des réseaux de neurones artificiels, de façon générale, à prédire par approximations dans le domaine de la modélisation des phénomènes dynamiques tels que la croissance de la tomate. Ce dernier a la capacité de bien représenter les relations complexes non-linéaires et convient pour l'approximation de la tomate. En effet, selon Chouai et ses collaborateurs [24] et Mohamed [31], le modèle développé par les réseaux de neurones artificiels est un modèle « type boîte noire » qui constitue la forme la plus primitive de modèle mathématique. Il est réalisé uniquement à partir des mesures expérimentales ou d'observations. Il peut avoir une valeur prédictive, dans un certain domaine de validité, mais il n'a aucune valeur explicative. De ce fait, il permet au mieux d'approcher la croissance de la tomate à partir des paramètres de croissance étudié.

5 CONCLUSION

Cette étude a pour but d'utiliser les réseaux de neurones artificiels pour prédire la croissance des plants de tomate en temps réel et anticiper sur celle-ci afin de maîtriser la productivité de cette plante.

La modélisation a été réalisée à partir du modèle empirique utilisant le réseau de neurones artificiels à partir des mesures expérimentales faites au champ. Elle a été réalisée à partir de cinq paramètres de croissance de la plante de tomate. Il s'agit du nombre de feuilles, de la longueur et de la largeur des feuilles, de la hauteur et de la circonférence tronc. Ces mesures ont pu révéler la complexité de la croissance de la tomate qui a été capitalisée par des modèles mathématiques.

Les modèles utilisant comme outil le réseau de neurones artificiels ont permis de prédire avec succès la croissance des plantes de tomate à partir des variables opératoires. Ces modèles ont donné une adéquation étroite entre les valeurs des variables opératoires expérimentales et celles calculées par le réseau. Ils ont permis d'approcher de façon satisfaisante la croissance de la tomate.

REFERENCES

- [1] "Côte d'Ivoire, appui à la mise en œuvre du NEPAD-PDDAA Profil de projet d'investissement bancaire. Appui à la production de la banane plantain et aux productions maraîchères en zone de forêt". TCP/IVC/2903 (I) (NEPAD Ref 05/25 F) Vol IV de VI. p. 41, 2005.
- [2] B. Guede, "Le Partenaire. Bulletin de liaison de l'Anader, N°14 Août 2009, 4 p.
- [3] FAO L'actualité agricole en Méditerranée". Ed. CIHEAM, p. 33, 2012.
- [4] J.C. N'zi, C. Kouame, S.P.N. Assanvo, L. Fondio, A.H. Djidji & Sangare, "Evolution des populations de Bemisia tabaci Genn. Selon les variétés de tomates (*Solanum lycopersicum* L.) au centre de la Côte d'Ivoire". Sciences et Nature 7 (1): 31-40, 2010. <https://doi.org/10.4314/scinat.v7i1.59918>.
- [5] S. Soro, "Caractérisation agronomique et culture sous voile de variétés améliorées de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) en Côte d'Ivoire". Thèse de Doctorat d'Etat. Université d'Abobo-Adjamé, Abidjan p. 198, 2009.
- [6] B. Keating & P. Grace, "Using biophysical simulation models to access the performance of agriculture systems in risky environments. In: CIMMYT – Risk Management for maize Farmers in Drought56 prone areas of southern Africa; Proceedings of a workshop held at Kadoma Ranch, Zimbabwe", 1 - 3 October 1997. Mexico, D. F.: 67 – 82 pp, 2003.
- [7] C.O. Stöckle, M. Donatelli & R. Nelson, "CropSyst, a cropping systems simulation model". European journal of agronomy, 18 (3-4): 289-307, 2003.
- [8] I. Van, M.K. Ewert, F. Heckelee, T. Wery, J. Alkan Olsson, J. Andersen, E. Bezlepina, I. Brouwer, F. Donatelli, M. Flichman, G. Olsson, L. Rizzoli, A.E. van der Wal, T. Wien & J.E. Wolf, "Integrated assessment of agricultural systems - A component-based framework for the European Union (SEAMLESS)". Agricultural Systems 96: 150-165, 2008.
- [9] N. Brisson, C. Gary, E. Justes, R. Roche, B. Mary, D. Ripoche, D. Zimmer, G. Sierra, P. Bertuzzi, P. Burger, F. Bussière, Y.M. Cabidoche, P. Cellier, P. Debaeke, J.P. Gaudillère, C. Hénault, F. Maraux, B. Seguin & H. Sinoquet, "An overview of the crop model STICS". European Journal of Agronomy. 18: 309-322, 2003 [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00110-7](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00110-7).
- [10] N. Brisson, M. Launay, B. Mary & N. Beaudoin, "Conceptual basis, formalizations and parametrization of the STICS crop model ions". Edit QUAE p. 252, 2009.
- [11] C. Garcia, I. Atauri, N. Brisson & B. Segnin, "Estimation de l'impact du changement climatique sur les résultats agronomiques de la vigne avec le modèle STICS. Actes Mondiali". ITV ed. France, 12-15, 2004.
- [12] RGPH, "Recensement Général de la Population et de l'Habitat. Rapport d'exécution et présentation des résultats", p. 49, 2014.

- [13] A. Sangaré, E. Koffi, F. Akamou & C. Fall, "État des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture: second rapport national. Ministère de l'agriculture, République de Côte d'Ivoire", p. 16, 2009.
- [14] R. Ligban, L.D. Gone, B. Kamagaté, M.B. Saley & J. Biemi, "Processus hydrogéochimiques et origine des sources naturelles dans le degré carré de Daloa Centre ouest de la Côte d'Ivoire". International Journal of Biological and Chemical Sciences, 3 (1): 38-47, 2009.
- [15] N. Shankara, L. Van, De Jeudi & M. Mardja, "La culture de la tomate production, transformation et commercialisation". p. 20, 2005.
- [16] N. Kouame, "Modélisation de la croissance du bananier plantain à partir des réseaux de neurones artificiels; cas d'Azaguié et Yamoussoukro", Thèse de Doctorat Unique, Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire, p. 252, 2014.
- [17] G. Cybenko, "Approximation by superpositions of sigmoidal function: Math. Control, Signals and Systems". 2, 303-314, 1989. <https://doi.org/10.1007/BF02551274>.
- [18] K. Hornik, "Approximation capabilities of multilayer feed forward networks". Neur. Net. comp, 4: 251-257, 1991.
- [19] D.E. Rumelhart, "Parallel Distributed Processing, Cambridge": MIT Press: The Organization of Behavior, New York: Wiley. 1: 318-362, 1986.
- [20] M. Thompson, J. Waltons & S.J. Wood, "Statistical appraisal of interference effects in determination of trace elements". Ana. Sci. Chem, 104: 299-312, 1979.
- [21] M.T. Hagan, H.B. Demuth & M.H. Beale, "Neural network design". PWS, Boston, MA, p. 259, 1996.
- [22] J.C. Principe, N.R. Euliano & W.C. Lefebvre, "Neural and Adaptive systems: Fundamentals through Simulation". Inc.Stil, Irwin, p.563, 2000.
- [23] M. Feinberg, "La validation des méthodes d'analyse; une approche chimométrique de l'assurance qualité au laboratoire". Ed. Mas, Paris. p 56-57, 1996.
- [24] A. Chouai, M. Cabassud, V. Le lannm, C. Gourdon & G. Casamatta, "Use of neural networks for liquid-liquid extraction column modelling: an experimental study". Chem. Eng. And Proces. 39: 171-180, 2000.
- [25] S. Chevrete, "Modèles mathématiques utilisés en médecine en France". Edition Masson (Sci. Dir.). 2 (16): 240-244, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.reaurg.2007.03.004>.
- [26] Y. Le Cun, J.S. Denker & S.A. Solla, "Optimal brain damage: proceeding of the neural information processing systems". Sci. comp.contr, 2: 598-605, 1990.
- [27] G. Dreyfus, J.M. Martinez, M. Samuelides, B. Gordonm, F. Badran, S. Thiria & Herault, "Réseaux de Neurones Artificiels". New York, USA: Gr. Eyrol, p. 374, 2002.
- [28] W. Benaissa, "Développement d'une méthodologie pour la conduite en sécurité d'un réacteur continu intensifié", Thèse de Doctorat, I.N.P. Toulouse. p. 203, 2006.
- [29] N. Kouamé, N.E. Assidjo, A.E. Dick & A.P. Anno, "Plantain tree growth (Musa sp., AAB cultivar horn 1) modeling using the artificial neural networks method". European Scientific Journal, 33 (9): 272-285, 2013. <https://doi.org/10.19044/esj.2013.v9n33p%25p>.
- [30] N. Kouamé, N.E. Assidjo & A.E. Dick, "Illustration de la croissance du bananier plantain (Musa sp., AAB, cultivar corne 1) dans les localités de Yamoussoukro et d'Azaguié (Côte d'Ivoire) à l'aide des modèles mathématiques". Agronomie Africaine, 29 (2): 135-147, 2017.
- [31] Y.A. Mohamed, "Mise en œuvre de réseaux de neurones pour la modélisation de cinétiques réactionnelles en vue de la transposition batch/continu". Thèse de Doctorat Unique. Institut National Polytechnique, Toulouse, France, p. 156, 2007.

Lupus découvert lors de la grossesse: A propos d'un cas avec revue de littérature

[Lupus discovered during pregnancy: About one case with a review of the literature]

H. Souradi, Z. Bennani, F. Amqrane, M. Hijji, M. Youssfi, and S. Bargach

Service de Gynécologie-Obstétrique, de Cancérologie et de Grossesses à Haut Risque, Maternité Souissi,
Université Mohamed V, Rabat, Morocco

Copyright © 2021 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: Systemic lupus (LS) is an autoimmune disease mainly affecting young women of childbearing age, The occurrence of pregnancy with lupus has become a usual situation, active lupus in the 6 months preceding or at the beginning of pregnancy has more risk of having an attack, the lupus known preceding the pregnancy must make this last programmed. Maternal mortality is multiplied by 20 in lupus patients, this seems to be essentially linked to the activity of LS, the occurrence of pre-eclampsia, the presence of anti-phospholipid antibodies and the side effects of therapies, in particular infectious. Fetal and perinatal risks are linked to prematurity, the presence of maternal anti-phospholipid or anti- SSA antibodies and the side effects of treatment.

The most common situation is the knowledge of lupus before pregnancy. Our case treats an unrecognized lupus triggered by pregnancy, monitoring and management must be multidisciplinary, including regular clinical, biological and ultrasound evaluation.

The treatment of relapses varies according to the severity and the type of organ affected and remains similar to the treatment outside pregnancy subject to the compatibility of the treatments with this one: hydroxy chloroquine, corticosteroid bolus if necessary then orally with the lowest possible dose, which markedly improved the prognosis.

KEYWORDS: Systemic lupus, young women, autoimmune disease, hydroxychloroquine, corticoides.

RESUME: Le lupus systémique (LS) est une maladie auto-immune atteignant principalement la jeune femme en âge de procréer, La survenue d'une grossesse associée est devenue une situation habituelle, un lupus actif dans les 6 mois précédant la grossesse ou en début de celle-ci avaient plus de risque d'avoir une poussée, le lupus précédant la grossesse doit faire programmé cette dernière, La mortalité maternelle est multipliée par 20 chez les patientes lupiques, ceci paraissant essentiellement liée à l'activité du LS, à la survenue d'une pré-éclampsie, à la présence d'anticorps anti-phospholipides et aux effets secondaires des thérapeutiques, notamment infectieux.

Les risques fœtaux et périnataux sont, eux, liés à la prématurité, la présence d'anticorps maternels anti-phospholipides ou anti-SSA et aux effets secondaires des thérapeutiques.

La situation la plus fréquente est la connaissance du lupus avant la grossesse. Notre cas traite un lupus méconnu et déclenché par la grossesse, la surveillance et la prise en charge doit être multidisciplinaire, comportant une évaluation clinique, biologique et échographique régulière.

Le traitement des poussées varie selon la sévérité et le type d'organe atteint et reste similaire au traitement en dehors de la grossesse sous réserve de la compatibilité des traitements avec celle-ci: hydroxy chloroquine, corticothérapie en bolus si nécessaire puis par voie orale avec une dose la plus basse possible, ce qui a amélioré nettement le pronostic.

MOTS-CLEFS: lupus systémique, femme jeune, maladie auto immune, hydroxychloroquine, corticoïdes.

1 INTRODUCTION

Le lupus systémique (LS) est une maladie auto-immune qui atteint principalement la femme jeune en âge de procréer. La survenue d'une grossesse est une situation devenue habituelle et il est démontré que cette période d'hyperoestrogénie physiologique peut influencer l'évolution et l'activité du lupus et exposer à des complications à la fois maternelles et fœtales. Même si le pronostic de ces grossesses s'est nettement amélioré, celles-ci restent des grossesses à risque et l'optimisation de leur prise en charge est un véritable challenge nécessitant une collaboration étroite entre les différents intervenants (médecin interniste, néphrologue, rhumatologue, obstétricien, anesthésiste et pédiatre). Dans notre cas il s'agit d'un lupus découvert pour la première fois lors de la grossesse.

2 PATIENTE ET OBSERVATION

Il s'agit d'une patiente âgée de 30 ans, sans antécédents pathologiques notables, 4^{ème} geste 2^{ème} pare (2 accouchements par voie basse), un avortement précoce non cureté. La grossesse actuelle est estimée à 18 SA.

La patiente est admise aux urgences de la Maternité dans un tableau respiratoire fait d'une toux quinteuse avec dyspnée évoluant dans un contexte d'apyrexie. Devant le contexte pandémique au COVID, un test PCR initial est réalisé revenu négatif. L'examen clinique retrouve une hypertension artérielle à 150/90 mmHg, une douleur articulaire au niveau des genoux et des coudes ainsi que des ulcérations buccales.

Un premier bilan biologique objective une insuffisance rénale aigue rapidement progressive (créatinine sérique à 184 μ mol/l par rapport à 88,8 μ mol/l 2 semaines avant son admission) associée à un syndrome néphrotique (Protéinurie à 3 gr/jr), une anémie sévère à 6 g/dl et une lymphopénie à 564 éléments/l.

Une échographie cardiaque est réalisée et met en évidence une insuffisance mitrale modérée. L'échographie obstétricale objective une grossesse monofoetale évolutive avec les mensurations correspondant au terme (18 SA).

Devant la forte suspicion d'un lupus systémique, un bilan immunologique est demandé qui est revenu positif (C3 et C4 consommés et AC anti DNA natif positif).

La sérologie pré natale (HVB, HVB, VIH, toxoplasmose) est négative. La patiente est immunisée contre la rubéole.

Le diagnostic d'une première poussée lupique est alors retenu sur un faisceau d'arguments:

- Atteinte rénale: Glomérulonéphrite rapidement progressive (syndrome néphrotique + IRA + hématurie microscopique)
- Atteinte articulaire: oligoarthritis: genoux, coudes
- Atteinte cutanée: chute des cheveux avec ulcérations buccales
- Atteinte cardiaque: valvulopathie type insuffisance mitrale
- Atteinte hémato: anémie normochrome normocytaire et lymphopénie
- Atteinte immunologique: AC anti DNA+, C3 bas C4 limite inférieure
- Atteinte psychiatrique: psychose avec bouffée délirante aigue

Une ponction biopsie rénale est indiquée mais n'a pu être réalisée devant plusieurs difficultés techniques: patiente dyspnéique supportant mal le décubitus, obèse et avec un rein sous costal.

En concertation avec l'équipe de néphrologie, un traitement d'attaque est initié en urgence: Bolus de Méthyprednisolone 500 mg/jr pendant 03 jours avec relais par une corticothérapie orale à la dose de 60 mg/jr, sous couverture d'une antibiothérapie par amoxicilline 1 g x 2/jr, Omeprazole 20 mg/jr et du calcium oral. Son HTA est stabilisée à 140/90 mmHg sous Alfaméthyl dopa 250 mg x2/jr. Une anticoagulation à dose préventive est prescrite (Tinzaparine 0.2cc/jr). Devant l'intolérance clinique de son anémie, la patiente bénéficie d'une Transfusion de 02 culots globulaires.

4 jours après son admission, une séance de dialyse est réalisée sur cathéter fémoral pour ultrafiltration et correction des troubles électrolytiques (acidose métabolique).

L'évolution est marquée par une amélioration clinique de la patiente ainsi que de ses paramètres biologiques.

Une échographie morphologique de contrôle réalisée à 22 SA n'a décelé aucune anomalie.

La patiente est réhospitalisée par la suite à 26 SA devant une menace d'accouchement prématuré. Malgré la mise en place rapide d'une tocolyse, la patiente accouche 4 jours après son admission. Le nouveau-né est transféré en réanimation mais décède des suites d'une détresse respiratoire.

3 DISCUSSION

3.1 PHYSIOPATHOLOGIE

Au cours de la grossesse, une relation étroite entre le système neuroendocrine maternel, le placenta et le fœtus se met en place progressivement. D'importantes modifications du système immunitaire vont permettre d'induire un phénomène de tolérance vis-à-vis du fœtus: le placenta produit des inhibiteurs du complément et des facteurs immunorégulateurs qui vont diminuer la prolifération lymphocytaire T et permettre une expansion du pool des cellules T régulatrices (Treg), notamment au cours du 2ème trimestre, pour revenir à un taux normal après l'accouchement. Il existe également une modification de l'expression des antigènes HLA par les cellules trophoblastiques. Les taux d'œstrogènes, de progestérone, de cortisol et de prolactine sont augmentés. Ces modifications hormonales et immunologiques orientent la réponse immunitaire vers un profil lymphocytaire de type Th2 et diminuent la réponse de type Th1, en particulier à l'interface materno-fœtale. Ceci engendre une diminution de la production des cytokines pro-inflammatoires (IL-2, IFN γ , TNF α) et une augmentation de la production des cytokines anti-inflammatoires (IL-4, IL-6, IL-10, TGF β), indispensables au maintien de la grossesse. [1]

Au cours du Lupus, le taux de cytokines pro-inflammatoires est plus élevé qu'au cours d'une grossesse normale et la polarisation de type Th2 est partielle, expliquant en partie le risque de poussée au cours de la grossesse. [2]

Cet état d'immunotolérance est rapidement réversible au cours du post-partum expliquant que le risque de poussée du LS persiste au cours de cette période. La grossesse est associée à une hypercoagulabilité liée à une augmentation de certains facteurs de la coagulation (facteurs II, V, VII, VIII, X, facteur von Willebrand, fibrinogène), à une diminution des inhibiteurs naturels de la coagulation (diminution de la protéine S, augmentation de la résistance à la protéine C activée) et à une diminution de l'activité des inhibiteurs de la fibrinolyse. Les dosages de la protéine C et de l'antithrombine restent dans les valeurs normales. Il existe par ailleurs une augmentation du nombre de globules blancs et de neutrophiles, de la vitesse de sédimentation, des d-dimères, du CH50 et des fractions C3, C4 du complément liés à une augmentation de la synthèse hépatique, ce qui sera à prendre en compte chez les patientes lupiques. Le chiffre de lymphocytes reste inchangé.

Le volume plasmatique augmente de 30 à 50 % et le volume globulaire de 20 à 40 % expliquant la baisse de l'hématocrite, du taux d'hémoglobine, des protides et de l'albumine par hémodilution. Le seuil de 11 g/dL d'hémoglobine est utilisé pour définir l'anémie au cours de la grossesse. Les modifications sont également hémodynamiques avec une augmentation du volume sanguin (25–30 %), de la fréquence cardiaque (20 %) et une diminution des résistances vasculaires. La pression artérielle moyenne diminue de 5 à 10 %. Le débit de filtration glomérulaire augmente d'environ 55 %, ce qui entraîne une baisse physiologique des chiffres d'urée et de créatinine. L'augmentation de l'excrétion urinaire des protéines est considérée comme physiologique jusqu'à 300 mg par jour. [3]

3.2 INFLUENCE DE LA GROSSESSE SUR LE LUPUS:

Les femmes avec un lupus actif dans les 6 mois précédant la grossesse ou en début de celle-ci avaient plus de risque d'avoir une poussée de la maladie que les femmes avec un lupus inactif. Si les manifestations articulaires sont moins fréquentes, les manifestations rénales et hématologiques sont classiquement plus fréquentes et plus sévères. [4]

3.3 INFLUENCE DU LUPUS SUR LA GROSSESSE:

La mortalité maternelle est multipliée par 20 chez les patientes lupiques, ceci paraissant essentiellement liée à l'activité du LS, à la survenue d'une pré-éclampsie, à la présence d'anticorps anti-phospholipides et aux effets secondaires des thérapeutiques, notamment infectieux.

Les risques fœtaux et périnataux sont, eux, liés à la prématurité, la présence d'anticorps maternels anti-phospholipides ou anti-SSA et aux effets secondaires des thérapeutiques.

Impact de l'activité du lupus sur le fœtus, et globalement les pertes fœtales, environ 20 % des grossesses chez les patientes lupiques se terminent par une fausse couche précoce ou tardive. Ainsi, dans une étude cas-contrôle menée aux États-Unis, le taux de pertes fœtales dans une population de patientes lupiques est presque 5 fois plus élevé que chez des femmes non lupiques. [5]

Les 2 facteurs de risque les plus habituellement identifiés concernant les pertes fœtales sont d'une part une forte activité de la maladie lupique et d'autre part un syndrome des antiphospholipides associé à la maladie lupique. Dans la série de

Georgiou et al., 75 % grossesses chez des patientes très actives se sont compliquées d'une perte foetale, contre seulement 14 % chez des patientes avec un lupus quiescent, et 5%chez des patientes non lupiques. [6]

Dans la série américaine récente, le risque de fausse couche précoce (<20 SA) ne semblait pas particulièrement plus élevé, alors que les morts foetales (> 20 SA) étaient en revanche multipliées par 3. [7-8-9]

Prématurité

Les causes de prématurité, défini par un accouchement avant 37 semaines, sont multiples. C'est une complication estimée à environ 33 % de toutes les grossesses lupiques [10].

Une large étude épidémiologique réalisée en Californie a permis d'étudier le devenir de 555 grossesses lupiques comparées rétrospectivement à 600 000 grossesses non lupiques. Le taux de prématurité était estimé dans cette cohorte à 21%, supérieur à celui observé chez les patientes non lupiques [11].

Lorsque l'on s'adresse aux centres spécialisés, il semblerait cependant que ces taux de prématurité soient plus élevés, estimés entre 20 et 54% [10].

Les facteurs de risque de prématurité sont en premier lieu l'activité du lupus avant et pendant la grossesse, l'administration de fortes doses de corticoïdes, l'hypertension artérielle, mais également l'existence d'anticorps antiphospholipides. Le risque de prématurité au cours du lupus pourrait être en rapport avec une rupture des membranes prématurée, possiblement en rapport avec une chorioamniotite, mais ceci n'a pas été spécifiquement étudié au cours du lupus [12].

Retard de croissance intra-utérin

En raison du fort taux de prématurité dans cette population de patientes lupiques, il est plus adapté de parler de poids de naissance en fonction de l'âge gestationnel plutôt que de retard de croissance intra-utérin (RCIU). Un petit poids pour l'âge gestationnel est défini comme étant inférieur au 10e percentile par rapport aux normes nationales. Les études sont cependant divergentes avec des taux de « petits poids » variant entre 10% et 35 % des grossesses lupiques. Le facteur de risque le plus régulièrement évoqué pour expliquer ces données est une insuffisance placentaire, expliqué par un taux majoré de thrombose placentaire, avec un rôle certain joué par la coexistence d'anticorps antiphospholipides [13].

Pré éclampsie

La prééclampsie est caractérisée par une pression artérielle élevée et l'apparition d'une protéinurie au cours de la 2e partie de la grossesse. C'est une affection gravidique sévère avec une mortalité et une morbidité foetale persistante et également des accidents maternels à type d'hématome rétroplacentaire, HELLP syndrome et éclampsie. Le pronostic vital maternel est engagé en l'absence de traitement qui, une fois la maladie installée, est fondé sur l'arrêt de la grossesse et la délivrance du placenta.

Les femmes lupiques enceintes ont un risque majoré de présenter une pré éclampsie. Les études épidémiologiques sont peu nombreuses mais on retient un chiffre de 0,5 à 7 % de pré éclampsie compliquant les grossesses dans la population générale. En revanche, les taux de pré éclampsie compliquant les grossesses lupiques sont nettement plus élevés avec des chiffres allant de 13 à 35 % selon les séries.

Physio pathologiquement, la pré éclampsie est secondaire à une dysfonction placentaire qui est responsable de la libération dans la circulation maternelle de diverses substances responsables d'une activation, voire d'une lésion de l'endothélium maternel. Des travaux expérimentaux ont montré qu'un taux élevé de sFlt-1 (soluble fms-like tyrosine kinase-1) et un taux diminué de PGIF (placenta growth factor) sont observés dans le placenta et le sérum des femmes avec prééclampsie [36]. Une étude cas-contrôle trouve des données identiques au cours de grossesses lupiques, confirmant le caractère prédictif d'une augmentation de sFlt-1 de survenue d'une prééclampsie au cours d'une grossesse lupique [14].

Néphrites lupiques et grossesse

Un antécédent de néphrite lupique est un facteur de risque notable chez une femme lupique enceinte. En particulier, une fonction rénale altérée compromet le devenir fœtal.

Une protéinurie néphrotique est en général associée avec un plus fort risque de prématurité. Chez les patientes ayant un antécédent de néphrite lupique avant la grossesse, les taux de pertes fœtales sont plus importants allant de 8 à 36 %. Chez les

patientes ayant un 1er épisode de néphrite lupique au cours d'une grossesse, ces taux sont encore supérieurs allant de 36 à 52 % des grossesses, alors que si la néphrite est contrôlée avant la grossesse avec une fonction rénale stable, une protéinurie peu importante, le risque de pertes fœtales se situe plutôt entre 11 et 13 %. La prématurité est également plus fréquente régulièrement rapportée entre 35 et 40 % [14-5]. Par conséquent, même si un antécédent de néphrite lupique n'est pas incompatible avec une grossesse, il majore nettement le risque de réactivation du lupus, le risque de prééclampsie, le risque de pertes fœtales.

3.4 FACTEURS DE RISQUE DE POUSSEES DE LUPUS

1. Maladie très active avant la grossesse
2. Maladie très sévère dans les années précédant la grossesse (rein....)
3. Arrêt du plaquenil avant la grossesse

3.5 DIAGNOSTIC DU LUPUS

3.5.1 CRITÈRES DE CLASSIFICATION DE L'ACR [1]

Protocole National de Diagnostic et de Soins (PNDS). Lupus Systémique. Janvier 2017 (mise à jour en janvier 2019)

Critères de classification du lupus érythémateux systémique (LES)

Proposés par l'American College of Rheumatology (ACR) en 1982 et mis à jour par l'ACR en 1997.

1. Rash malaire
2. Lupus discoïde
3. Photosensibilité
4. Ulcérations orales ou nasopharyngées
5. Arthrites non érosives touchant au moins 2 articulations périphériques, caractérisées par une douleur, un gonflement ou un épanchement
6. Pleurésie ou péricardite
7. Protéinurie persistante > 0,5 g/jour ou cylindrurie
8. Convulsions ou psychose (en l'absence de cause médicamenteuse ou métabolique)
9. Atteinte hématologique:
 - Anémie hémolytique, ou
 - Leucopénie < 4 000/ μ l constatée à 2 reprises, ou
 - Lymphopénie < 1 500/ μ l constatée à 2 reprises, ou
 - Thrombopénie < 100 000/ μ l, en l'absence de drogues cytopéniantes
10. Titre anormal d'anticorps antinucléaires par immunofluorescence (en l'absence de drogues inductrices)
11. Perturbations immunologiques:
 - Titre anormal d'anticorps anti-ADN natif, anticorps anti-Sm, ou présence d'anticorps antiphospholipides: sérologie syphilitique dissociée constatée à 2 reprises en 6 mois ou anticoagulant circulant de type lupique ou titre anormal d'anticorps anticardiolipine en IgG ou IgM

La présence d'au moins 4 des 11 critères « de classification » proposés par l'ACR permet d'affirmer l'existence d'un LS avec une sensibilité et une spécificité de 96 %.

Ces critères, qui surreprésentent les items dermatologiques, sont des critères de classification et ne doivent pas être utilisés dans un but diagnostique à l'échelon individuel.

3.5.2 CRITÈRES DE CLASSIFICATION SELON LE SLICC [1]

3.5.2.1 CRITÈRES CLINIQUES

1. Lupus cutané aigu (incluant au moins l'un des critères suivants):
 - Érythème malaire (ne compte pas si lupus discoïde)
 - Lupus bulleux

- Nécrolyse toxique épidermique lupique
- Éruption maculo-papuleuse lupique
- Éruption lupique photosensible en l'absence de dermatomyosite

OU Lupus cutané subaigu (lésions psoriasiformes ou polycycliques non indurées résolutives sans cicatrices, ou parfois avec une dépigmentation post-inflammatoire ou des télangiectasies)

2. Lupus cutané chronique (incluant au moins l'un des critères suivants):

- Lupus discoïde classique
 - ✓ localisé (au-dessus du cou)
 - ✓ généralisé (au-dessus et en dessous du cou)
- Lupus hypertrophique ou verruqueux
- Panniculite lupique ou lupus cutané profundus
- Lupus chronique muqueux
- Lupus tumidus
- Lupus engelure
- Forme frontière lupus discoïde / lichen plan

3. Ulcères buccaux

- Palatins
 - ✓ bouche
 - ✓ langue

OU Ulcérations nasales en l'absence d'autre cause telle que vascularite, maladie de Behcet, infection (herpès virus), maladie inflammatoire chronique intestinale, arthrite réactionnelle et acides

4. Alopécie non cicatricielle (éclaircissement diffus de la chevelure ou fragilité capillaire avec mise en évidence de cheveux cassés) en l'absence d'autres causes comme une pelade, des médicaments, une carence martiale et une alopécie androgénique

5. Synovite de plus de deux articulations, caractérisée par un gonflement ou un épanchement

OU Arthralgies de plus de 2 articulations avec dérouillage matinal de plus de 30 minutes

6. Sérïtes

- Z Pleurésie typique > 24 h
 - ✓ OU Épanchement pleural
 - ✓ OU Frottement pleural
- Douleur péricardique typique (aggravée par le décubitus et améliorée en antéflexion) > 24 h
 - ✓ OU Épanchement péricardique
 - ✓ OU Frottement péricardique
 - ✓ OU Signes électriques de péricardite en l'absence d'autre cause telle qu'une infection, une insuffisance rénale ou un syndrome de Dressler

7. Atteinte rénale

- Rapport protéinurie / créatinine urinaire (ou protéinurie des 24 h) représentant une protéinurie > 500 mg/24 h (la bandelette urinaire est supprimée)
 - ✓ OU Cylindres hématiques

8. Atteinte neurologique

- Convulsions
- Psychose
- Mononévrite multiple en l'absence d'autre cause connue comme une vascularite primitive
- Myélite

- Neuropathie périphérique ou atteinte des paires crâniennes en l'absence d'autre cause connue comme une vascularite primitive, infection et diabète
- Syndrome confusionnel aigu en l'absence d'autres causes (toxique, métabolique, urémique, médicamenteuse...)

9. Anémie hémolytique

10. Leucopénie ($< 4\,000/\text{mm}^3$, un épisode suffit) en l'absence d'autre cause connue (syndrome de Felty, médicaments, hypertension portale...)

OU Lymphopénie ($< 1\,000/\text{mm}^3$, un épisode suffit) en l'absence d'autre cause (corticothérapie, médicaments, infections...)

11. Thrombopénie ($< 100\,000/\text{mm}^3$ un épisode suffit) en l'absence d'autre cause (médicaments, hypertension portale, PTT...)

3.5.2.2 CRITÈRES IMMUNOLOGIQUES

1. Titre d'anticorps antinucléaires supérieurs à la norme du laboratoire
2. Anticorps anti-ADN natif supérieurs à la norme du laboratoire (> 2 fois la dilution de référence si test ELISA)
3. Présence d'un anticorps dirigé contre l'antigène Sm
4. Anticorps antiphospholipides positifs déterminés par:
 - ✓ Présence d'un anticoagulant circulant
 - ✓ Sérologie syphilitique faussement positive (VDRL positif, TPHA négatif)
 - ✓ Anticorps anticardiolipine (IgA, IgG, or IgM) à un titre moyen ou fort
 - ✓ Anticorps anti- β_2 -glycoprotéine1 (IgA, IgG, or IgM)
5. Diminution du complément
 - ✓ C3 bas
 - ✓ C4 bas
 - ✓ CH50 bas
6. Test de Coombs direct positif (en l'absence d'anémie hémolytique)

Le patient peut être classé comme atteint de lupus systémique s'il rassemble 4 critères ou plus (au moins 1 critère clinique et au moins un critère biologique) ou s'il a une atteinte rénale prouvée par biopsie en faveur du lupus avec présence d'anticorps anti-nucléaire ou d'anticorps anti-ADN.

3.6 PLANIFICATION D'UNE GROSSESSE

La fertilité n'est pas diminuée chez une jeune femme lupique, en dehors d'une poussée sévère de la maladie, ou d'une insuffisance rénale chronique. En revanche, une hypofertilité, voire une infertilité au cours du LES, peut être la conséquence d'une exposition antérieure à certains médicaments et en particulier au cyclophosphamide (Endoxan).

Il est nécessaire avant d'envisager une grossesse chez une jeune femme lupique de s'assurer d'une part de la quiescence de la maladie, et d'autre part de l'optimisation du traitement.

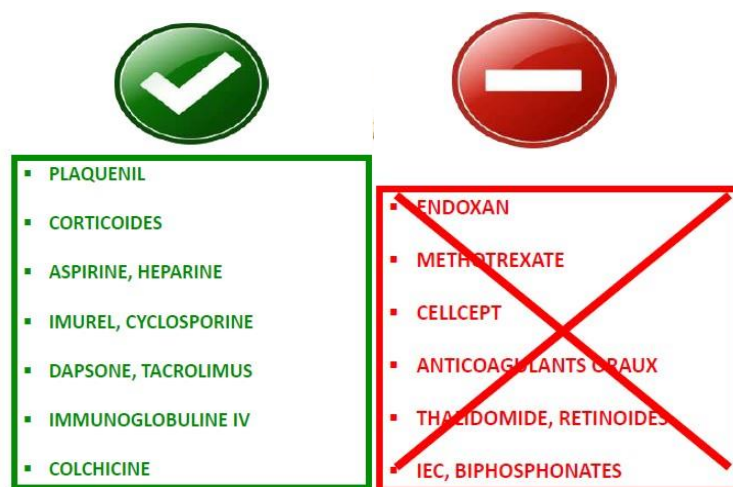
Le LES n'est pas une contre-indication à la grossesse à l'exception de complications viscérales graves telles qu'une hypertension artérielle pulmonaire ou d'une insuffisance rénale chronique sévère.

Idéalement, la maladie doit être inactive au moins 06 mois avant la conception, parfois 04 mois c'est suffisant, mais ceci n'est pas toujours possible. [12] Comme le cas de notre patiente, où son lupus était méconnu, et la grossesse a déclenché la première crise.

3.7 LE TRAITEMENT DE LA POUSSEE AU COURS DE LA GROSSESSE

Le traitement des poussées varie selon la sévérité et le type d'organe atteint et reste similaire au traitement en dehors de la grossesse sous réserve de la compatibilité des traitements avec celle-ci: hydroxychloroquine, corticothérapie en bolus si nécessaire puis par voie orale avec une dose la plus basse possible qu'il faut ensuite décroître aussi rapidement que possible pour minimiser le risque de rupture prématurée des membranes, voire azathioprine ou ciclosporine dans les formes les plus sévères (poussée rénale notamment) jusqu'à ce que l'extraction fœtale puisse être réalisée sans danger. Ces situations

surviennent le plus souvent en début de grossesse en cas de rupture de traitement (du lupus et de la contraception orale) et peuvent faire discuter une interruption médicale de la grossesse. Il est, cependant, important de souligner qu'une nette amélioration de l'adhésion des patientes au traitement peut être obtenue au cours de cette période, permettant généralement une issue favorable à ces grossesses. Le recours à des équipes habituées à ce genre de situation est très souhaitable.



3.8 LA SURVEILLANCE

La surveillance, qui doit être multidisciplinaire, comporte une évaluation clinique, biologique et échographique régulière. Elle est généralement mensuelle, plus rapprochée enfin de grossesse mais surtout adaptée aux antécédents obstétricaux et au déroulement de la grossesse. On recherchera systématiquement des signes aussi bien cliniques que biologiques évocateurs de poussée lupique, de pré-éclampsie ou de syndrome HELLP.

Surveillance d'une grossesse lupique.

Clinique	Poids, pression artérielle, BU +++ (HTA définie par PAS $\geq$ 140 mmHg ou PAD $\geq$ 90 mmHg) Articulations Lésions cutanées, ulcérations buccales, alopecie Œdèmes des membres inférieurs Douleurs thoraciques, barre épigastrique Céphalées, acouphènes, phosphènes
Biologique	NFS plaquettes Créatininémie Uricémie Transaminases Haptoglobine Protéinurie, sédiment urinaire C3 (voire CH50, C4) Anticorps anti-ADN natif Glycémie à jeun, hyperglycémie provoquée par voie orale en particulier si corticothérapie Sérologie de la toxoplasmose si négative initialement
Échographie	Échographie fœtale trimestrielle Si biologie aPL : doppler utérins à 22 SA. En cas d'anomalie : échographie mensuelle. Si présence d'anticorps anti-SSA : échographie tous les 15 jours entre 16 et 24 SA Si présence d'anticorps anti-SSA et antécédents de BAV ou d'une autre manifestation de lupus néonatal dans la fratrie : échographie cardiaque fœtale hebdomadaire entre 16 et 24 SA

BU : bandelette urinaire ; HTA : hypertension artérielle ; PAS : pression artérielle systolique ; PAD : pression artérielle diastolique ; SA : semaines d'aménorrhée ; BAV : bloc auriculo-ventriculaire ; aPL : antiphospholipides.

4 CONCLUSION

En raison des progrès diagnostiques et thérapeutiques réalisées au cours des 2 dernières décennies dans la prise en charge des grossesses lupiques, le pronostic d'une grossesse chez une patiente atteinte d'un LES est nettement amélioré. Le respect d'une période d'accalmie du lupus (6 mois) et l'optimisation de la prise en charge thérapeutique (maintien de l'hydroxychloroquine) avant la mise en route d'une grossesse est essentielle afin d'éviter les poussées. Il est cependant bien entendu nécessaire de proposer une approche multidisciplinaire en centres spécialisés de ces grossesses qui restent à risque, avec une surveillance clinique, biologique, échographique régulière, permettant une adaptation des traitements.

REFERENCES

- [1] Doria A, Cutolo M, Ghirardello A, Zen M, Villalta D, Tincani A, et al. Effect of pregnancy on serum cytokines in SLE patients. *Arthritis Res Ther* 2012; 14: R66.).
- [2] Tower C, Mathen S, Crocker I, Bruce IN. Regulatory T cells in systemic lupus erythematosus and pregnancy. *Am J Reprod Immunol* 2013; 69: 588–95.).
- [3] Germain S, Nelson-Piercy C. Lupus nephritis and renal disease in pregnancy. *Lupus* 2006; 15: 148–55.).
- [4] Clowse ME, Magder LS, Witter F, Petri M. The impact of increased lupus activity on obstetric outcomes. *Arthritis Rheum* 2005; 52: 514–21.).
- [5] Dhar JP, Essenmacher LM, Ager JW, Sokol RJ. Pregnancy outcomes before and after a diagnosis of systemic lupus erythematosus. *Am J Obstet Gynecol* 2005; 193 (4): 1444–55].
- [6] Georgiou PE, Politi EN, Katsimbri P, Sakka V, Drosos AA. Outcome of lupus pregnancy: a controlled study. *Rheumatology (Oxford)* 2000; 39 (9): 1014–9.].
- [7] Clowse ME, Magder LS, Witter F, Petri M. The impact of increased lupus activity on obstetric outcomes. *Arthritis Rheum* 2005; 52 (2): 514–21.].
- [8] Clowse ME, Jamison M, Myers E, James AH. A national study of the complications of lupus in pregnancy. *Am J Obstet Gynecol* 2008; 199: 127e1–6.).
- [9] Le Thi Huong D, Wechsler B, Piette JC. [Pregnancy and systemic lupus erythematosus]. *Rev Med Interne* 2008; 29: 725–30.].
- [10] Clark CA, Spitzer KA, Nadler JN, Laskin CA. Preterm deliveries in women with systemic lupus erythematosus. *J Rheumatol* 2003; 30 (10): 2127–32.].
- [11] Yasmeen S, Wilkins EE, Field NT, Sheikh RA, Gilbert WM. Pregnancy outcomes in women with systemic lupus erythematosus. *J Matern Fetal Med* 2001; 10 (2): 91–6.].
- [12] Clowse ME. Lupus activity in pregnancy. *Rheum Dis Clin North Am* 2007; 33 (2): 237–52 (v).].
- [13] Magid MS, Kaplan C, Sammaritano LR, Peterson M, Druzin ML, Lockshin MD. Placental pathology in systemic lupus erythematosus: a prospective study. *Am J Obstet Gynecol* 1998; 179 (1): 226–34.
- [14] Winer N, Tsasaris V. Latest developments: management and treatment of preeclampsia. *J Gynecol Obstet Biol Reprod (Paris)* 2008; 37 (1): 5–15.

Mélanome malin primitif du col : A propos d'un cas avec revue de la littérature

[Primary malignant melanoma of the cervix: Report of a case with review of the literature]

H. Souradi, Z. Bennani, F. Amqrane, S. Tligui, K. Fathi, and N. Amrani

Maternité Souissi, Université Mohamed V, Rabat, Morocco

Copyright © 2021 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: Malignant melanoma of the female genital tract is rare, and its localization in the cervix is exceptional, it represents 3% of malignant melanomas of the female genital tract, At the initial stage of malignant melanoma of the cervix, the disease is limited to the cervical mucosa, subsequently it spreads locally via direct diffusion to adjacent organs, Clinically there are asymptomatic cases diagnosed during a routine examination, However, more often one has the presence of symptoms, because the cervix ulceration expands easily and become infected. The most common symptom is vaginal bleeding. Macroscopically, primary malignant melanoma presents variable appearances, The spectrum of cellular characteristics is broad, Immunohistochemical markers may be positive in primary cervical malignant melanoma such as S-100, HMB-45, Melan-A, Vimentin, and SOX10, Differential Diagnosis of Primary Malignant Melanoma of the Cervix requires the exclusion of metastatic malignant melanoma, or other primary neoplastic site, mainly dermal, Once the diagnosis of malignant melanoma of the cervix is confirmed, the full staging of the disease should be establishment. This is based on performing a tomography (whole-body CT) or a positron emission tomography (PET / CT), the determination of serum lactate dehydrogenase. The therapeutic approach is not standardized but is rather individualized according to the characteristics of the disease and the patient.

KEYWORDS: Malignant melanoma, genital tract, cervix, ulceration, vaginal bleeding.

RESUME: Le mélanome malin de l'appareil génital féminin est rare, et sa localisation au niveau du col utérin est exceptionnelle, il représente 3 % des mélanomes malins du tractus génital féminin, Au stade initial du mélanome malin du col, la maladie est limitée à la muqueuse cervicale, par la suite, elle se propage localement via diffusion directe aux organes adjacents, Cliniquement il existe des cas asymptomatiques diagnostiqués lors d'un examen de routine, Cependant, le plus souvent, on a la présence de symptômes, car le col s'ulcère facilement et s'infecte. Le symptôme le plus fréquent est le saignement vaginal. Macroscopiquement, le mélanome malin primitif présente des aspects variables, Le spectre des caractéristiques cellulaires est large, Des marqueurs immuno histochimiques peuvent être positifs en cas du mélanome malin primitif du col comme S-100, HMB-45, Melan-A, Vimentin, et SOX10, le Diagnostic différentiel du mélanome malin primitif du col nécessite l'exclusion du mélanome malin métastatique, ou un autre site néoplasique primitif, principalement cutané, Une fois le diagnostic de mélanome malin du col est confirmé, la stadification complète de la maladie doit être mise en place. Cela repose sur la réalisation d'une tomographie (TDM corps entier) ou une émission de positons tomographique (PET/CT), le dosage des lactates déshydrogénase sérique.

L'approche thérapeutique n'est pas standardisée mais est plutôt individualisé en fonction des caractéristiques de la maladie et la patiente.

MOTS-CLEFS: mélanome malin, tractus génital, le col cervical, ulcération, métrorragies.

1 INTRODUCTION

Le mélanome malin de l'appareil génital féminin est rare, il représente 3 à 7 % de tous les mélanomes [1]. La localisation primitive au niveau de la vulve est la plus fréquente estimée à 70%, suivi par le vagin, la localisation au niveau du col utérin est exceptionnelle [2].

A notre connaissance un maximum de 83 cas avec un mélanome malin primitif du col a été rapporté, avec une mauvaise évolution et survie à long terme [3].

2 PATIENTE ET OBSERVATION

Il s'agit d'une patiente de 52ans, sans antécédents médico chirurgicaux, G1P1: accouchement par voie basse, (bon développement psychomoteur), toujours réglée, avec un cycle régulier.

Qui consulte pour des métrorragies de moyenne abondance, évoluant depuis 02 mois, sans douleurs pelviennes associées.

L'examen clinique retrouve un col d'aspect inflammatoire avec des points noirâtres autour, sans leucorrhées.

Une biopsie faite est revenue en faveur d'un mélanome malin primitif du col.

La patiente a bénéficié ensuite d'une TDM thoraco abdomino pelvienne: revenue normale Et une IRM pelvienne revenue en faveur d'un processus vaginal latéralisé à gauche des 2/3 supérieur du vagin.

La patiente a subi une colpohystérectomie totale élargie à la paroi latérale gauche et à la paroi postérieure du vagin, avec 02cm de la marge chirurgicale.

L'examen anatomopathologique de la pièce opératoire a confirmé le diagnostic de mélanome malin du col utérin avec extension vaginale.

La patiente a ensuite bénéficié de séances d'immunothérapie.

La patiente a été perdue de vue ensuite pendant 1 an et demi, puis elle a consulté pour des douleurs thoraciques, la radio de thorax a objectivé des micronodules pulmonaires avec à l'échographie pelvienne: des adénopathies pelviennes bilatérales.

Une chimiothérapie palliative a été initiée, un contrôle par TDM thoraco abdomino pelvienne a objectivé un aspect de lâcher de ballon pulmonaire avec des métastases hépatiques, avec apparition d'une masse vaginale étendue en inter vésico rectale et une infiltration périnéale,

La patiente est décédée une semaine après son hospitalisation, c'est-à-dire 21 mois après le début de la symptomatologie.

3 DISCUSSION

Le mélanome malin primitif du col utérin représente 3 % des mélanomes malins du tractus génital féminin [4, 5]. En effet, Hall a rapporté, en 1980, 392 mélanomes malins du tractus génital dont 300 cas étaient vulvaires, 80 cas vaginaux et seulement 12 cas siégeaient au niveau du col utérin [6].

Pendant longtemps l'existence du mélanome malin primitif du col était mise en question, sur la base que le col ne contient pas de cellules mélaniques [7], en 1959, Cid a découvert la présence de 3.5% de mélanocytes dans la couche basale des biopsies cervicales, prouvant ainsi que le développement primitif du mélanome malin au niveau du col est faisable.

Leur rôle de ces cellules n'est pas bien connu, mais il est différent des mélanocytes cutanés.[8]

L'incidence du mélanome malin cutané a augmenté au cours des années, ce qui s'explique par le fait qu'elles sont associées avec une exposition à la lumière ultraviolette. A l'inverse, au niveau de la muqueuse l'incidence du mélanome malin reste stable, puisque la localisation anatomique de ces tumeurs malignes exclut l'exposition aux ultraviolets, aucun facteur de risque prédisposant clair n'a été détecté [09]. Néanmoins, l'irradiation ne doit pas être exclue en tant que facteur de risque, puisque Benson et al. A signalé en 2000 un cas de mélanome malin cervical radio-induit chez une patiente traitée par radiothérapie pour un carcinome épidermoïde du col de l'utérus [10]. De plus, l'influence hormonale des œstrogènes qui peut être anticipée après la grossesse et l'infection au HPV, avec le sous-type 16 qui a été trouvé dans au moins deux cas des mélanomes malins vulvaires. [11, 12, 13]

Les manifestations cliniques: Dans la littérature, il existe quelques cas asymptomatiques diagnostiqués lors d'un examen de routine, Cependant, le plus souvent, on a la présence de symptômes, car le col s'ulcère facilement et s'infecte [14]. Le

symptôme le plus fréquent est le saignement vaginal, dont la survenue peut atteindre 93 % des cas [15], comme pour notre patiente.

Les pertes vaginales, la dyspareunie, les douleurs pelviennes et le saignement post coïtale, ont également été rapporté dans certains cas. [16, 17,18], la perte de poids et l'hématurie plus rares mais peuvent également être décrite.

Au stade initial du mélanome malin du col, la maladie est limitée à la muqueuse cervicale, par la suite, elle se propage localement via diffusion directe aux organes adjacents, tels que le vagin, fornix, les ligaments utéro-sacrés, la vulve et le bassin [19].

De même, les métastases lymphatiques, bien que rarement rencontrés au moment du diagnostic, suivent le schéma de drainage des autres carcinomes cervicaux [20].

Les métastases à distance sont rares par rapport aux mélanomes malins cutanés, Selon Pusceddu et al., seuls douze cas d'atteinte viscérale métastatique ont été décrites, les plus fréquentes sites étant le péritoine du foie et la vessie. Noguchi et al. décrit un cas de mélanome malin primitif du col qui, après le traitement initial a progressé et une récurrence pulmonaire est survenue [19].

Macroscopiquement, le mélanome malin primitif présente des aspects variables, qui peuvent aller du simple aspect exophytique à l'aspect en chou-fleur, avec une pigmentation visible et claire, La taille de la tumeur peut être de 0,3 à 9 cm (diamètre moyen 3 cm). [5]

Microscopiquement, Le spectre des caractéristiques cellulaires est large; par conséquent, les lésions peuvent impliquer des cellules fusiformes avec des particules de mélanine grossières intra cytoplasmiques, groupes de gros cellules avec des noyaux hyper chromatiques et des nucléoles proéminents à l'intérieur du cytoplasme éosinophile ou de grandes cellules pléomorphes, constitué d'une grande zone cytoplasmique, de gros noyaux vésiculaires, et des mitoses anormales notables [21, 22]

Une étude de Yin et al., a suggérées des critères spécifique pour le diagnostic du mélanome malin primitif du col:

- Pigmentation dans l'épithélium cervical normal,
- Absence de mélanome ailleurs dans le corps,
- Un net changement jonctionnel dans le col de l'utérus,
- Une composante intraépithélial pagétoïde,
- Absence totale de résultats immunohistochimiques CK/épithéliaux,
- Métastases qui suivre le schéma du carcinome cervical [22].

Des marqueurs immunohistochimiques peuvent être positifs en cas du mélanome malin primitif du col comme S-100, HMB-45, Melan-A, Vimentin, et SOX10. [14, 15] Alors que d'autres sont fréquemment négatifs comme la cytokeratin.

Le S-100 reste le marqueur le plus fiable en cas de mélanome primitif ou métastatique avec une sensibilité très élevé pouvant atteindre les 94%, HMB-45 est le second avec une sensibilité allant de 60 à 80%, la combinaison de ses 2 marqueurs semble donner de meilleurs résultats rapportés par la littérature.

La Ki-67 est un autre marqueur utilisé pour différencier le mélanome bénin mole du mélanome malin [15].

Diagnostic différentiel du mélanome malin primitif du col nécessite l'exclusion du mélanome malin métastatique, ou un autre site néoplasique primitif, principalement cutané, ou muqueux [21, 23]. Ainsi, la peau, le tractus uvéal, l'œsophage et la région ano-rectale doivent être rapidement examiné à la recherche d'une lésion primaire [24, 25].

Lorsque le col est touché secondairement, les cellules néoplasiques ont tendance à être localisées sous la membrane basale [26]. Inversement, la présence de malignité dans la zone de transition cutanéomuqueuse cervicale pourrait être un signe du mélanome malin primitif du col, car c'est là que les MM primaires sont le plus souvent observés [16].

Les métastases au niveau du col de l'utérus sont considérées comme extrêmement rares, en raison de l'apport sanguin limité à cette zone [24].

Une fois le diagnostic de mélanome malin du col est confirmé, la stadification complète de la maladie doit être mise en place. Cela repose sur la réalisation d'une tomographie (TDM corps entier) ou une émission de positons tomographique (PET/CT), le dosage des lactates déshydrogénase sérique (LDH) [21, 18, 29].

Le balayage d'images par résonance magnétique (IRM) peut également être utilisé, car il peut distinguer le mélanome d'autres tumeurs en raison d'un modèle de signal distinct pour la mélanine (signal élevé en T1 et faible en T2) [30].

International Federation of Gynecology and Obstetrics (FIGO) a mis en place une stadification qui été largement appliqué, [14, 16, 26].

Approche thérapeutique: La plupart des schémas thérapeutiques qui ont été utilisées au fil des années, ne sont pas publiés, et le traitement appliqué était basé sur ceux du MM cutané [3].

L'approche thérapeutique n'est pas standardisée mais est plutôt individualisé en fonction des caractéristiques de la maladie et la patiente [16].

La thérapie la plus couramment recommandée pour le mélanome malin primitif du col est une exérèse chirurgicale suivie d'une radiothérapie intracavitaire (RT).

Un traitement adjuvant telles que la chimiothérapie (CHT), la RT, la biothérapie et l'immunothérapie est généralement appliquée dans des cas sélectionnés de métastases la maladie et les récives locorégionales [25].

Différents schémas de traitement ont été proposés, qui consistait en une CHT néoadjuvante et une chirurgie radicale suivie par chimioradiothérapie, mais ils n'ont pas été largement appliqués, en raison de l'absence d'essais cliniques prospectifs randomisés [32]. L'absence de telles études évaluant l'efficacité de différentes options thérapeutiques peut être attribuée à la rareté des Cas [31-23].

Traitement chirurgical: En raison du manque de recommandations et directives spécifiques, la plupart des patientes atteintes de mélanome malin primitif du col, sont habituellement traités selon les protocoles établis pour le carcinome épidermoïde cervical [30].

Chirurgical: le traitement consiste généralement en une hystérectomie totale ou radicale avec ou sans salpingo-ovariectomie bilatérale, généralement associé ou non à une lymphadénectomie pelvienne et/ou vaginectomie partielle-supérieure.

Dans certains cas, seule l'excision locale a été utilisée [26].

La principale préoccupation, comme indiqué, devrait être la marges en postopératoire; néanmoins, certains auteurs recommandent marges chirurgicales propres d'au moins 2 cm, en raison de l'agressivité de la maladie [19,25, 30].

La lymphadénectomie pelvienne reste un sujet de controverse. Certains auteurs et cliniciens préconisent son utilisation chez les patientes à faible risque ou en cas de croissance importante de la tumeur avec présence de ganglions lymphatiques pigmentés car il offre un avantage potentiel dans la survie et permet une stadification plus précise de la maladie afin de planifier tout traitement adjuvant [08, 25, 20].

Il a également été rapporté que dans les cas d'une volumineuse tumeur non résécable, une chirurgie palliative et plus conservatrice est suggérée, avec exérèse locale et limitée des lésions identifié [8, 26].

Radiothérapie: Le mélanome est considéré comme une tumeur maligne radio-résistante; Donc, le rôle de la RT dans le traitement du MM gynécologique est limité à un traitement adjuvant, préopératoire ou palliatif [22]. Les cas où il est généralement employé sont les récives, la maladie avancée, les marges chirurgicales insatisfaisantes après abord opératoire initial, tumeurs résiduels et l'atteinte des ganglions lymphatiques pelviens [18].

L'utilisation combinée de la radiothérapie externe et de la curiethérapie n'a pas été bien étudiée [21]. Inversement, Shrivastava et al. Ont rapporté que la RT peut réduire la récive locale dans environ 25% des patients et est considéré comme la principale modalité de traitement [26].

Récemment, la radiothérapie aux ions carbone (C-ion RT) a été étudié comme une modalité avancée pour le traitement de MM gynécologique, mais malheureusement pas spécifique à PMMC.

Chimiothérapie: Dans le mélanome malin cutané, il a été démontré que des agents tels que la dacarbazine réduisent la taille de la tumeur avec un taux de réponse d'environ 15 à 20 % [19]. Dans cette logique, les mêmes protocoles ont également été administrés aux patientes atteintes du myélome malin primitif du col, en association avec la cisplatine, vincristine, vinblastine et bléomycine [34]. Liu et al. Ont rapporté un cas de PMMC FIGO stade IB1 traité avec cette association après la chirurgie, et ou la patiente est restée indemne de récive pendant au moins 29 mois, après le traitement [24].

L'utilité de l'approche CHT reste controversée, car aucun agent spécifique n'a prouvé son efficacité suffisante pour réduire le taux de récive et puisque la plupart des données sont tirées d'expériences anecdotiques [21].

Immunothérapie et Biothérapie: Le rôle de l'immunothérapie et la modification de la réponse biologique dans les cas de PMMC est encore controversé. « Ipilimumab », un anticorps monoclonal ciblant l'antigène 4 des lymphocytes T cytotoxiques

(CTLA-4), aurait un effet positif sur le taux de SG, les chercheurs suggérant son utilisation en conjonction avec d'autres agents CMT [16,17].

Hodi et al. ont comparé le traitement par « Ipilimumab » à une glycoprotéine vaccin peptidique dans une étude de phase 3 sur le mélanome métastatique signalant une amélioration de la survie médiane de 10 mois, contre 6,4 mois chez les patients recevant le vaccin seul [27].

De plus, Schiavone et al. ont signalé sur une étude où une patiente a été traitée par immunothérapie, suivie d'une radiothérapie externe (EBRT) à 3000 Gy en 5 fractions, et qui a subi une hystérectomie avec vaginectomie supérieure 97 jours après la fin du traitement, avec des résultats prometteurs, elle a reçu du Pembrolizumab pour la récurrence après 19 mois de diagnostic initial [28].

Cependant, même si de telles études ont rapporté des résultats prometteurs de nombreuses autres études remettent en cause ses bénéfices réels.

Pinède et al. ont signalé l'utilisation de BCG, d'interféron (IFN) et d'interleukine 2 (IL-2) chez deux patientes atteintes de PMMC, avec de mauvais résultats [39]. De plus, Kim et al. ont traité une patiente atteinte de PMMC par hystérectomie radicale, vaginectomie haute, bilatérale, salpingo-ovariectomie et lymphadénectomie pelvienne qui a subi 2 cycles d'immunothérapie adjuvante avec Pembrolizumab postopératoire mais décédée dans les 8 mois suivant le diagnostic initial [30].

Pronostic et survie: Le mélanome malin du col de l'utérus est un cancer particulièrement agressif avec un très mauvais pronostic à long terme, car à la fois la récurrence locale et la propagation étendue les métastases surviennent généralement peu de temps après diagnostic (entre 2 mois et 2 ans environ) [31].

En effet, la patiente dans notre étude, malgré le traitement chirurgical et l'immunothérapie, a développé de multiples métastases à distance, 21 mois après le diagnostic initial, et malheureusement décédée après.

Sur la base d'une analyse de 78 patients, concernant différentes thérapies, les auteurs ont recommandé la chirurgie seule pour le stade I du cancer et un traitement multimodal avec chirurgie et chimiothérapie et/ou radiothérapie pour les stades avancés [32].

Dans une revue de treize patients atteints de PMMC, Lee et al. ont rapporté un taux de survie à 5 ans de 25 % pour le stade IA, 14 % pour le stade II, et 0 % pour les stades III et IV [30].

Yuan et al. ont décrit une survie médiane de 33 mois pour le stade I, 24 mois pour le stade II, et 10 mois pour le stade III chez 14 patients atteints de PMMC [33].

Dans une autre étude, la survie à 5 ans des patientes atteintes d'un mélanome cervical était d'environ 10 %, et le pronostic était principalement corrélé au stade tumoral à l'époque du diagnostic, même si la plupart des patientes sont, comme mentionné, diagnostiquées à un stade précoce [26].

Ainsi, compte tenu du pronostic de PMMC, en raison de la rareté et de la diversité des stades des cas rapportés dans le monde, la survie à 5 ans varie de 18,8 à 25 % pour le stade I, 11,1 à 14 % pour le stade II, et 0 % pour les stades III-IV [32].

4 CONCLUSION

Le mélanome malin du col nécessite un diagnostic précoce et un traitement précoce pour avoir un meilleur pronostic et une meilleure survie des patientes.

Il n'y a toujours pas de protocole standardisé pour la prise en charge de ce cancer, les cliniciens sont donc appelés à évaluer chaque cas individuellement.

Les options de traitement actuelles sont basées sur l'excision chirurgicale principalement avec une hystérectomie radicale, mais en cas d'évolution ou récurrence, d'autres modalités de traitement, telles que la chimiothérapie, la radiothérapie et l'immunothérapie, peuvent être employées.

Le pronostic de ces patients est très sombre, et le taux de survie reste extrêmement faible avec la médiane de moins de 2 ans, malgré le diagnostic principalement fait à un stade précoce.

La plupart des études publiées consistent en des rapports de cas ou de petites séries de cas, et seuls quelques auteurs ont essayé de composer une analyse, en raison de la rareté de la maladie (moins de 100 cas, y compris le nôtre). Néanmoins, en raison de cette faible incidence, la recherche et la littérature sont rares et insuffisantes.

REFERENCES

- [1] Kristiansen SB, Anderson R, Cohen DM. Primary malignant melanoma of the cervix and review of the literature. *Gynecol Oncol* 1992; 47: 398-403.
- [2] Gadducci A, Carinelli S, Guerrieri ME, Aletti GD. Melanoma of the lower genital tract: Prognostic factors and treatment modalities. *Gynecol Oncol* 2018; 150: 180–189.
- [3] Cantuaria G, Angioli R, Nahmias J, Estape R, Penalver M. Primary malignant melanoma of the uterine cervix: case report and review of the literature. *Gynecol Oncol*. 1999; 75: 170-174.
- [4] Chang SC, Chen CJ, Tseng HH. Primary malignant melanoma of the vagina and cervix uteri: case report and literature review. *Chung Hua I Hsueh Tsa Chih* 1992; 50: 341-6.
- [5] Butt A, Roberts DL, Calvert JP, Williams S. Primary malignant melanoma of cervix uteri and vulva. *Br J Dermatol* 1996; 135: 858-9.
- [6] Hall DJ, Schneider V, Goplerud DR. Primary malignant melanoma of the uterine cervix. *Obstet Gynecol* 1980; 56: 525-9.
- [7] Z. H. U. Q. I. N. G. LIU, H. U. I. WANG, X. I. ZHANG, and Q. I. N. G. XU, "Primary malignant melanoma of the cervix: a case report," *Oncology Letters*, vol. 8, no. 6, pp. 2661–2663, 2014.
- [8] S. Zamiati, S. Sahraoui, L. Jabri, S. Louahlia, S. Sqalli, and A. Kahlain, "Mélanome malin primitif du col utérin: à propos d'un cas avec revue de la littérature," *Gynécologie, Obstétrique & Fertilité*, vol. 29, no. 5, pp. 381–385, 2001.
- [9] C. C. McLaughlin, X.-C. Wu, A. Jemal, H. J. Martin, L. M. Roche, and V. W. Chen, "Incidence of noncutaneous melanomas in the U.S.," *Cancer*, vol. 103, no. 5, pp. 1000–1007, 2005.
- [10] R. J. Benson and L. T. Tan, "Radiation-induced malignant melanoma of the cervix," *Clinical Oncology (Royal College of Radiologists)*, vol. 12, no. 4, pp. 234–237, 2000.
- [11] D. Parada, K. B. Peña, and F. Riu, "Coexisting malignant melanoma and blue nevus of the uterine cervix: an unusual combination," *Case Reports in Pathology*, vol. 2012, 7 pages, 2012.
- [12] U. S. Khoo, R. J. Collins, and H. Y. S. Ngan, "Malignant melanoma of the female genital tract A report of nine cases in the Chinese of Hong Kong," *Pathology*, vol. 23, no. 4, pp. 312–317, 1991.
- [13] A. Rohwedder, B. Philips, J. Malfetano, D. Kredentser, and J. A. Carlson, "Vulvar malignant melanoma associated with human papillomavirus DNA: report of two cases and review of literature," *The American Journal of Dermatopathology*, vol. 24, no. 3, pp. 230–240, 2002.
- [14] A. Tranoulis, A. Laios, S. Munot, G. Theophilou, D. Pathak, and D. Nugent, "Multidisciplinary approach in the management of primary malignant melanoma of the uterine cervix: diagnostic and management challenges," *Journal of Gynecologic Surgery*, vol. 34, no. 4, pp. 209–213, 2018.
- [15] C. Yin, A. Yang, Y. Zhang et al., "Primary cervical malignant melanoma," *International Journal of Gynecological Pathology*, vol. 38, no. 2, pp. 196–203, 2019.
- [16] K. Cetinkaya, E. Benzer, and H. Dervisoglu, "Primary mucosal malignant melanoma of the cervix: case report and review of the literature," *Tumori*, vol. 101, no. 5, pp. e147–e150, 2015.
- [17] G. Yuan, L. Wu, B. Li, and J. An, "Primary malignant melanoma of the cervix: report of 14 cases and review of literature," *Oncotarget*, vol. 8, no. 42, pp. 73162–73167, 2017.
- [18] E. Myriokefalitaki, B. Babbel, M. Smith, and A. S. Ahmed, "Primary malignant melanoma of uterine cervix FIGO IIa1: A case report with 40 months ongoing survival and literature review," *Gynecologic Oncology Case Reports*, vol. 5, pp. 52–54, 2013.
- [19] T. Noguchi, N. Ota, Y. Mabuchi et al., "A Case of Malignant Melanoma of the Uterine Cervix with Disseminated Metastases throughout the Vaginal Wall," *Case Reports in Obstetrics and Gynecology*, vol. 2017, Article ID 5656340, 4 pages, 2017.
- [20] G. Yuan, L. Wu, B. Li, and J. An, "Primary malignant melanoma of the cervix: report of 14 cases and review of literature," *Oncotarget*, vol. 8, no. 42, pp. 73162–73167, 2017.
- [21] S. Pusceddu, E. Bajetta, M. L. Carcangiu, B. Formisano, M. Ducceschi, and R. Buzzoni, "A literature overview of primary cervical malignant melanoma: An exceedingly rare cancer," *Critical Reviews in Oncology/Hematology*, vol. 81, no. 2, pp. 185–195, 2012.
- [22] C. Yin, A. Yang, Y. Zhang et al., "Primary cervical malignant melanoma," *International Journal of Gynecological Pathology*, vol. 38, no. 2, pp. 196–203, 2019.
- [23] S. Pankaj, A. Kumari, A. Kumari, V. Choudhary, J. Kumari, and S. Nazneen, "Primary malignant melanoma of the female genital tract: a series of interesting cases," *The Journal of Obstetrics and Gynecology of India*, vol. 69, no. S1, pp. 80–83, 2019.
- [24] Z. H. U. Q. I. N. G. LIU, H. U. I. WANG, X. I. ZHANG, and Q. I. N. G. XU, "Primary malignant melanoma of the cervix: a case report," *Oncology Letters*, vol. 8, no. 6, pp. 2661–2663, 2014.
- [25] C. Geredeli, M. C. Boruban, N. Poyraz, M. Artac, A. Aribas, and L. Koral, "Biatrial cardiac metastases in a patient with uterine cervix malignant melanoma," *Case Reports in Cardiology*, vol. 2015, 5 pages, 2015.

- [26] S. Shrivastava, D. Barmon, A. C. Kataki, B. K. Choudhary, and P. Deka, "Sarcomatoid carcinoma of the cervix with foci of malignant melanoma," *Journal of Mid-life Health*, vol. 5, no. 1, pp. 41–44, 2014.
- [27] F. S. Hodi, S. J. O'Day, D. F. McDermott et al., "Improved survival with Ipilimumab in patients with metastatic melanoma," *The New England Journal of Medicine*, vol. 363, no. 8, pp. 711– 723, 2010.
- [28] M. B. Schiavone, V. Broach, A. N. Shoushtari et al., "Combined immunotherapy and radiation for treatment of mucosal melanomas of the lower genital tract," *Gynecologic Oncology Reports*, vol. 16, pp. 42–46, 2016.
- [29] F. Pinedo, J. M. Ingelmo, P. Miranda, A. Garzón, and J. I. López, "Primary malignant melanoma of the uterine cervix: case report and review of the literature," *Gynecologic and Obstetric Investigation*, vol. 31, no. 2, pp. 121–124, 1991.
- [30] M. S. Kim, C.-H. Choi, T.-J. Kim et al., "Primary malignant melanoma of the uterine cervix treated with pembrolizumab after radical surgery: a case report and literature review," *Obstetrics & Gynecology Science*, vol. 61, no. 4, pp. 524–528, 2018.
- [31] A. M. Udager, N. K. Frisch, L. J. Hong et al., "Gynecologic melanomas: a clinicopathologic and molecular analysis," *Gynecologic Oncology*, vol. 147, no. 2, pp. 351–357, 2017.
- [32] S. Pusceddu, E. Bajetta, M. L. Carcangiu, B. Formisano, M. Ducceschi, and R. Buzzoni, "A literature overview of primary cervical malignant melanoma: An exceedingly rare cancer," *Critical Reviews in Oncology/Hematology*, vol. 81, no. 2, pp. 185–195, 2012.
- [33] G. Yuan, L. Wu, B. Li, and J. An, "Primary malignant melanoma of the cervix: report of 14 cases and review of literature," *Oncotarget*, vol. 8, no. 42, pp. 73162–73167, 2017.

Intégrale double d'Henstock d'une fonction floue dont l'une des variables est floue

[Henstock Double integral of a fuzzy function where one of the variables is fuzzy]

Kumwimba Seya Didier, Zerbo Sieka, Banza Mwape Josline, and Ikuwe Ndjeka Graciel

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

Copyright © 2021 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 article, Simpson's rule for the double integral of a fuzzy-valued function, one of whose variables is classical, is proposed using the Hausdorff distance. Also, fine partitions are introduced. The integration domain is a quasi-fuzzy rectangle.

KEYWORDS: fuzzy-valued function, Hausdorff distance, quasi-fuzzy rectangle, Henstock integral.

RESUME: Dans cet article, la règle de Simpson pour l'intégrale double d'une fonction à valeur floue dont l'une des variables est floue et l'autre classique, est proposée en utilisant la distance de Hausdorff. Le domaine d'intégration est un rectangle quasi-flou.

MOTS-CLEFS: fonction floue, distance de Hausdorff, rectangle quasi-floue, intégrale de Henstock.

1 INTRODUCTION

Le concept de l'intégrale floue a été introduit par Sugeno [9]. Dans l'ordre d'évaluer un ensemble flou, quelques méthodes numériques ont été proposées récemment. Wu [10, 11], Allahviranloo [1] et Fariborzi [2, 3] ont proposé quelques méthodes numériques pour calculer les intégrales floues en utilisant les méthodes quadratiques et la définition des ensembles de niveau.

Wu et Gong [10] ont proposé l'intégrale de Henstock d'une fonction à valeur floue et par la suite ont mis au point ce travail en appliquant le concept de différentiabilité de fonction floue.

Bede et Gal [4] ont appliqué la règle de quadrature pour évaluer l'intégrale d'une fonction à valeur floue.

Dans le présent article, nous développons cette idée pour une fonction à valeur floue (fonction à deux variables dont l'une est floue) en appliquant la règle de Simpson et en introduisant l'intégrale double de Henstock. Dans la section deux, nous présenterons quelques notions préliminaires sur les ensembles flous ainsi que quelques théorèmes fondamentaux que nous utiliserons par la suite. Dans la section trois, nous introduisons la règle de Simpson pour calculer l'intégrale double floue de Henstock sur un rectangle quasi-flou.

2 PRELIMINAIRES

Dans cette section, il est question de donner quelques notions basiques à la théorie des ensembles flous qui nous utiles dans la suite.

Définition (ensemble flou, [12]): Soit X un ensemble de référence non vide. Un sous ensemble flou (ensemble flou) de X est un ensemble non vide $\{(x, \tilde{A}(x)): x \in X\}$ de $X \times [0,1]$ tel que $\tilde{A}: X \mapsto [0,1]$. La fonction $\tilde{A}$ est souvent elle-même appelée ensemble flou. $\tilde{A}(x)$ désigne le degré d'appartenance de l'élément x à l'ensemble flou $\tilde{A}$.

Notation: on note par $\mathbb{F}(X)$ la collection de tous les sous-ensembles flous de X .

Propriétés [12, 13]: Soit $\tilde{u}: \mathbb{R} \mapsto [0,1]$ un sous ensemble flou. On dit que $\tilde{u}$ est un nombre flou s'il vérifie les propriétés suivantes:

- i) $\tilde{u}$ est normal, c'est-à-dire $\exists x_0 \in \mathbb{R}$ tel que $\tilde{u}(x_0) = 1$;
- ii) $\tilde{u}$ est flou convexe (c'est-à-dire $\tilde{u}(\lambda x + (1-\lambda)y) \geq \min\{\tilde{u}(x), \tilde{u}(y)\}$, pour tout $\lambda \in [0,1], x, y \in \mathbb{R}$).
- iii) $\tilde{u}$ est semi-continue sur $\mathbb{R}$ (c'est-à-dire $\forall \varepsilon > 0 \exists \delta > 0$ tel que $|x - x_0| < \delta \Rightarrow \tilde{u}(x) - \tilde{u}(x_0) < \varepsilon$)

$\tilde{u}$ est à support compact, c'est-à-dire $\text{cl}\{x \in \mathbb{R}: \tilde{u}(x) > 0\}$ est compact

L'ensemble de niveau α d'un ensemble flou vérifie les propriétés suivantes: pour tout $\tilde{u}, \tilde{v} \in \mathcal{F}(\mathbb{R}^n)$ et $\alpha, \beta \in I = (0,1]$

- iv) $\tilde{u}_0 = \mathbb{R}^n$,
- v) $\alpha \leq \beta \Rightarrow \tilde{u}_\beta \subset \tilde{u}_\alpha$
- vi) $\tilde{u}_\alpha = \bigcap_{\beta < \alpha} \tilde{u}_\beta$
- vii) $(\tilde{u} \vee \tilde{v})_\alpha = \tilde{u}_\alpha \cup \tilde{v}_\alpha, (\tilde{u} \wedge \tilde{v})_\alpha = \tilde{u}_\alpha \cap \tilde{v}_\alpha$

Le théorème suivant affirme que tout ensemble flou peut être représenté par une famille de ses α coupes $\{\tilde{u}_\alpha: \alpha \in I\}$, et même il peut être représenté par ses ensembles dénombrables de niveau α notés $\{\tilde{u}_\alpha: \alpha \in I \cap \mathbb{Q}\}$.

Théorème 1 [13]: Soit $\tilde{u} \in \mathbb{F}(\mathbb{R}^n)$ et soit $\{\tilde{u}_\alpha: \alpha \in I\}$ une famille de ses ensembles de niveau α . Pour tout $x \in \mathbb{R}^n$ on a:

$$\tilde{u}(x) = \sup_{\alpha \in I} [\alpha \cdot I_{\tilde{u}_\alpha}(x)] = \sup_{\alpha \in I \cap \mathbb{Q}} [\alpha \cdot I_{\tilde{u}_\alpha}(x)]$$

que l'on peut aussi écrire

$$\tilde{u}(x) = \sup\{\alpha \in I: x \in \tilde{u}_\alpha\} = \sup\{\alpha \in I \cap \mathbb{Q}: x \in \tilde{u}_\alpha\}$$

Soit $\{M_\alpha: \alpha \in I \cap \mathbb{Q}\}$ une famille d'ensembles fermés non vides de $\mathbb{R}^n$ tels que

$$M_\alpha \supset M_\beta \text{ pour tout } \alpha, \beta \in I \cap \mathbb{Q} \text{ avec } \alpha < \beta$$

Alors la fonction $\tilde{u}$ définie par

$$\tilde{u}(x) = \sup\{\alpha \in I \cap \mathbb{Q}: x \in M_\alpha\}$$

est semi-continue supérieurement. De plus, elle vérifie

$$\tilde{u}_\alpha = \bigcap_{\beta < \alpha, \beta \in \mathbb{Q} \cap (0,1]} M_\beta, \alpha \in (0,1]$$

Propriétés (convexité, [13]): Un ensemble flou $\tilde{u}$ est dit convexe si pour tout $\alpha \in I$, l'ensemble de niveau $\tilde{u}_\alpha$ est un sous ensemble convexe de $\mathbb{R}^n$. $\tilde{u}$ est convexe dans le sens ci-dessus si et seulement si

$$\tilde{u}(\lambda x + (1-\lambda)y) \geq \min\{\tilde{u}(x), \tilde{u}(y)\} \text{ pour tout } x, y \in \mathbb{R}^n \text{ et } \lambda \in I$$

Notons que cette définition est différente de celle de la concavité (ou convexité) des fonctions au sens usuel:

$$u(\lambda x + (1-\lambda)y) \geq (\text{ou } \leq) \lambda u(x) + (1-\lambda)u(y) \text{ pour tout } x, y \in \mathbb{R}^n \text{ et } \lambda \in I$$

La famille de tous les ensembles flous convexes est notée par $\mathbb{F}_c(\mathbb{R}^n)$. Et par $\mathbb{F}_{kc}(\mathbb{R}^n)$ celle des ensembles flous convexes tels que $\tilde{u}_{0+} = cl\{x \in \mathbb{R}^n \mid u(x) > 0\} \in K_{kc}(\mathbb{R}^n)$.

Définition (Opérations, [12, 13]): Soient $\tilde{u}, \tilde{v} \in \mathbb{F}(\mathbb{R}^n)$ on définit pour tout $x \in \mathbb{R}^n$, les deux opérations d'addition et de multiplication de la manière suivante:

$$(\tilde{u} \oplus \tilde{v})(x) = \sup \left\{ \alpha \in I : x \in \tilde{u}_\alpha \oplus_{\text{int}} \tilde{v}_\alpha \right\}$$

et

$$(\lambda \odot \tilde{u})(x) = \begin{cases} \tilde{u}\left(\frac{x}{\lambda}\right) & \text{si } \lambda \neq 0 \\ I_0(x) & \text{si } \lambda = 0 \end{cases}$$

où I_0 est la fonction caractéristique du singleton $\{0\}$.

Pour tout $\alpha \in [0, 1]$, si $\tilde{u}, \tilde{v} \in \mathbb{F}_{kc}(\mathbb{R}^n)$ alors on a

$$(\tilde{u} \oplus \tilde{v})_\alpha = \tilde{u}_\alpha \oplus_{\text{int}} \tilde{v}_\alpha \text{ et } (\lambda \odot \tilde{u})_\alpha = \lambda \odot_{\text{int}} \tilde{u}_\alpha$$

On note que les opérations sur $\mathbb{F}(\mathbb{R}^n)$ sont les extensions des opérations addition et multiplication par un scalaire sur $K(\mathbb{R}^n)$.

Soient $\tilde{u}, \tilde{v}$, deux ensembles flous convexes, une autre définition de l'addition est donnée par

$$(\tilde{u} \oplus \tilde{v})(x) = \sup_{x=x_1+x_2} \min\{\tilde{u}(x_1), \tilde{v}(x_2)\}, x \in \mathbb{R}^n$$

Définitions (distance de Hausdorff [12]): Les trois métriques suivantes sur $\mathbb{F}_c(\mathbb{R}^n)$ sont souvent utilisées. Elles généralisent la métrique de Hausdorff: pour $\tilde{u}, \tilde{v} \in \mathbb{F}_c(\mathbb{R}^n)$

$$\mathbf{D}_\infty(\tilde{u}, \tilde{v}) = \sup_{\alpha \in (0,1]} D(\tilde{u}_\alpha, \tilde{v}_\alpha)$$

$$\mathbf{D}_1(\tilde{u}, \tilde{v}) = \int_0^1 D(\tilde{u}_\alpha, \tilde{v}_\alpha) d\alpha$$

et

$$\mathbf{D}_p(\tilde{u}, \tilde{v}) = \left\{ \int_0^1 [D(\tilde{u}_\alpha, \tilde{v}_\alpha)]^p d\alpha \right\}^{\frac{1}{p}} \text{ pour } p > 1$$

On note par

$$\|\tilde{u}\|_{\mathbf{F}} = \mathbf{D}_\infty(\tilde{u}, I_0) = \sup_{\alpha > 0} \|\tilde{u}_\alpha\|_K$$

3 LA METHODE DOUBLE DE SIMPSON POUR LES INTEGRALES DOUBLES FLOUES DE HENSTOCK

Soient $\tilde{f}: [a, b] \times [\tilde{c}, \tilde{d}] \rightarrow \mathbb{F}(\mathbb{R})$, Δ_m et Δ_n les subdivisions respectives de $[a, b]$ et $[\tilde{c}, \tilde{d}]$ données par:

$$\Delta_m: a = x_0 < x_1 < \dots < x_m$$

$$\Delta_n: \tilde{c} = \tilde{y}_0 < \tilde{y}_1 < \dots < \tilde{y}_n$$

Soit π la partition définit par: $\pi = \{((\xi_i, \tilde{\eta}_j), [x_{i-1}, x_i] \times [\tilde{y}_{j-1}, \tilde{y}_j])\}$, où $\xi_i \in [x_{i-1}, x_i]$ et $\tilde{\eta}_j \in [\tilde{y}_{j-1}, \tilde{y}_j]$, $i = 0, \dots, m$; $j = 0, \dots, n$

Nous allons dans ce qui suit définir l'intégrale de Henstock floue.

Soit la fonction gauge floue définie sur le rectangle quasi-flou $[a, b] \times [\tilde{c}, \tilde{d}]$

$$\tilde{\delta}: [a, b] \times [\tilde{c}, \tilde{d}] \rightarrow \mathbb{F}(\mathbb{R})$$

la partition π est dite $\tilde{\delta}$ –fine si

$$(\xi_i, \tilde{\eta}_j) \in [x_{i-1}, x_i] \times [\tilde{y}_{j-1}, \tilde{y}_j] \subseteq \Delta((\xi_i, \tilde{\eta}_j), \tilde{\delta}(\xi_i, \tilde{\eta}_j))$$

où $\Delta((\xi_i, \tilde{\eta}_j), \tilde{\delta}(\xi_i, \tilde{\eta}_j))$ est le disque quasi flou ouvert de centre $(\xi_i, \tilde{\eta}_j)$ et de rayon $\tilde{\delta}(\xi_i, \tilde{\eta}_j)$.

La fonction $\tilde{f}: [a, b] \times [\tilde{c}, \tilde{d}] \rightarrow \mathbb{F}(\mathbb{R})$ est dite intégrable au sens de Henstock si $\exists \tilde{I} \in \mathbb{F}(\mathbb{R})$ tel que $\forall \epsilon > 0$, il existe $\tilde{\delta}$ (dite fonction jauge floue) telle que pour toute subdivision $\tilde{\eta}$ –fine (cfr la partition π définie ci-haut), on a:

$$D\left(\sum_{i=1}^m \bigoplus_{j=1}^n (x_i - x_{i-1}) \odot (\tilde{y}_j \ominus \tilde{y}_{j-1}) \otimes \tilde{f}(\xi_i, \tilde{\eta}_j), \tilde{I}\right) < \epsilon$$

Où $\tilde{I} = (FDHI) \int_a^b \int_{\tilde{c}}^{\tilde{d}} \tilde{f}(x, \tilde{y}) dx d\tilde{y}$ est l'intégrale double de Henstock floue.

Lemme:

1. Si f et g sont des fonctions floues intégrables au sens de Henstock et si $D(\tilde{f}(x, \tilde{y}), \tilde{g}(x, \tilde{y}))$ est Lebesgue intégrable, alors

$$D((FDHI) \int_a^b \int_{\tilde{c}}^{\tilde{d}} \tilde{f}(x, \tilde{y}) d\tilde{y} dx, (FDHI) \int_a^b \int_{\tilde{c}}^{\tilde{d}} \tilde{g}(x, \tilde{y}) d\tilde{y} dx) \leq (L) \int_a^b \int_{\tilde{c}}^{\tilde{d}} D(\tilde{f}(x, \tilde{y}), \tilde{g}(x, \tilde{y})) d\tilde{y} dx$$

2. Soit $\tilde{f}: [a, b] \times [\tilde{c}, \tilde{d}] \rightarrow \mathbb{F}(\mathbb{R})$, une fonction floue intégrable au sens de Henstock. Alors, $\forall (u, \tilde{v}) \in [a, b] \times [\tilde{c}, \tilde{d}]$ fixé, la fonction

$$\varphi_{(u, \tilde{v})}: [a, b] \times [\tilde{c}, \tilde{d}] \rightarrow \mathbb{F}(\mathbb{R}),$$

telle que $\varphi_{(u, \tilde{v})}(x, \tilde{y}) = D(\tilde{f}(u, \tilde{v}), \tilde{f}(x, \tilde{y}))$, est intégrable au sens de Lebesgue sur $[a, b] \times [\tilde{c}, \tilde{d}]$

Définition: Soit $\tilde{f}: [a, b] \times [\tilde{c}, \tilde{d}]$, une fonction floue bornée. Alors, la fonction

$$\omega_{[a, b] \times [\tilde{c}, \tilde{d}]}(f, \cdot, \cdot): \mathbb{R}^+ \cup \{+\infty\} \rightarrow \mathbb{R}^+ \text{ telle que}$$

$$\omega_{[a, b] \times [\tilde{c}, \tilde{d}]}(\tilde{f}, \delta_1, \delta_2) = \sup \{D(\tilde{f}(x_1, \tilde{y}_1), \tilde{f}(x_2, \tilde{y}_2)), (x_1, \tilde{y}_1), (x_2, \tilde{y}_2) \in [a, b] \times [\tilde{c}, \tilde{d}], \\ \parallel x_1 \ominus \tilde{y}_1 \parallel_{\mathbb{F}(\mathbb{R})} \leq \delta_1, \parallel x_2 \ominus \tilde{y}_2 \parallel_{\mathbb{F}(\mathbb{R})} \leq \delta_2\}$$

où

- $\parallel x_1 \ominus \tilde{y}_1 \parallel_{\mathbb{F}(\mathbb{R})} := \parallel x_1 \ominus_{int} [\tilde{y}_{1\alpha}^L, \tilde{y}_{1\alpha}^U] \parallel = \inf\{|x_1 - p|, \text{ où } p \in [\tilde{y}_{1\alpha}^L, \tilde{y}_{1\alpha}^U], \forall \alpha[0,1]\}$
- $\parallel x_2 \ominus \tilde{y}_2 \parallel_{\mathbb{F}(\mathbb{R})} := \parallel x_2 \ominus_{int} [\tilde{y}_{2\alpha}^L, \tilde{y}_{2\alpha}^U] \parallel = \inf\{|x_2 - s|, \text{ où } s \in [\tilde{y}_{2\alpha}^L, \tilde{y}_{2\alpha}^U], \forall \alpha[0,1]\}$

De ce fait, $\omega_{[a, b] \times [\tilde{c}, \tilde{d}]}(\tilde{f}, \delta_1, \delta_2) = \sup\{D(\tilde{f}(x_1, \tilde{y}_{1\alpha}^L, \tilde{y}_{1\alpha}^U), \tilde{f}(x_2, \tilde{y}_{2\alpha}^L, \tilde{y}_{2\alpha}^U)), \inf\{|x_1 - p|, p \in [\tilde{y}_{1\alpha}^L, \tilde{y}_{1\alpha}^U]\} \leq \delta_1, \inf\{|x_2 - s|, s \in [\tilde{y}_{2\alpha}^L, \tilde{y}_{2\alpha}^U]\} \leq \delta_2\}$

ω est appelé module d'oscillation de la fonction $\tilde{f}$ sur $[a, b] \times [\tilde{c}, \tilde{d}]$. Si de plus, $\tilde{f}$ est continue sur $[a, b] \times [\tilde{c}, \tilde{d}]$, alors ω est appelé module de continuité uniforme de $\tilde{f}$.

Théorème 2: Les assertions suivantes sont vraies:

1. $D(\tilde{f}(x_1, \tilde{y}_1), \tilde{f}(x_2, \tilde{y}_2)) \leq \omega_{[a, b] \times [\tilde{c}, \tilde{d}]}(\tilde{f}, \parallel x_1 \ominus \tilde{y}_1 \parallel, \parallel x_2 \ominus \tilde{y}_2 \parallel), \forall (x_1, \tilde{y}_1), (x_2, \tilde{y}_2) \in [a, b] \times [\tilde{c}, \tilde{d}]$
2. $\omega_{[a, b] \times [\tilde{c}, \tilde{d}]}(\tilde{f}, \delta_1, \delta_2)$ est non décroissante en δ_1, δ_2 .

3. $\omega_{[a,b] \times [\tilde{c}, \tilde{d}]}(\tilde{f}, 0, 0) = 0$
4. $\omega_{[a,b] \times [\tilde{c}, \tilde{d}]}(\tilde{f}, n\delta_1, m\delta_2) \leq nm\omega_{[a,b] \times [\tilde{c}, \tilde{d}]}(\tilde{f}, \delta_1, \delta_2), \forall \delta_1, \delta_2 \geq 0 \text{ et } n, m \in \mathbb{N}$
5. $\omega_{[a,b] \times [\tilde{c}, \tilde{d}]}(\tilde{f}, \lambda_1\delta_1, \lambda_2\delta_2) \leq (\lambda_1 + 1)(\lambda_2 + 1)\omega_{[a,b] \times [\tilde{c}, \tilde{d}]}(\tilde{f}, \delta_1, \delta_2)$
6. Si $[e, f] \subseteq [a, b]$ et $[\tilde{g}, \tilde{h}] \subseteq [\tilde{c}, \tilde{d}]$, alors $\omega_{[e,f] \times [\tilde{g}, \tilde{h}]}(\tilde{f}, \delta_1, \delta_2) \leq \omega_{[a,b] \times [\tilde{c}, \tilde{d}]}(\tilde{f}, \delta_1, \delta_2)$

Définition (fonction lipchitzienne): Soit $\tilde{f}: [a, b] \times [\tilde{c}, \tilde{d}] \rightarrow \mathbb{F}(\mathbb{R})$.

$\tilde{f}$ est dite (L_1, L_2) lipshitzienne si $\forall (x_1, \tilde{y}_1), (x_2, \tilde{y}_2) \in [a, b] \times [\tilde{c}, \tilde{d}]$,

$$D(\tilde{f}(x_1, \tilde{y}_1), \tilde{f}(x_2, \tilde{y}_2)) \leq L_1|x_1 - x_2| + D(\tilde{y}_1, \tilde{y}_2)$$

Théorème 3 [7]: Soit $\tilde{f}: [a, b] \times [\tilde{c}, \tilde{d}] \rightarrow \mathbb{F}(\mathbb{R})$, une fonction floue bornée intégrable au sens de Henstock. Alors, pour toute subdivision (partition) $a = x_0 < x_1 < \dots < x_m = b$; $\tilde{c} = \tilde{y}_0 < \tilde{y}_1 < \dots < \tilde{y}_n = \tilde{d}$ et pour tous points $\xi_i \in [x_{i-1}, x_i], \eta_j \in [\tilde{y}_{j-1}, \tilde{y}_j]$, nous avons:

$$\begin{aligned} D((FHDI) \int_a^b \int_{\tilde{c}}^{\tilde{d}} \tilde{f}(x, \tilde{y}) d\tilde{y} dx, \sum_{i=1}^m \bigoplus_{j=1}^n (x_i - x_{i-1}) \odot (\tilde{y}_j - \tilde{y}_{j-1}) \otimes \tilde{f}(\xi_i, \eta_j)) \\ \leq \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (x_i - x_{i-1}) \parallel \tilde{y}_j \ominus \tilde{y}_{j-1} \parallel_{\mathbb{F}(\mathbb{R})} w(f, (x_i - x_{i-1}, \parallel \tilde{y}_j \ominus \tilde{y}_{j-1} \parallel)) \end{aligned}$$

Preuve:

Suivant les subdivisions de $[a, b]$ et $[\tilde{c}, \tilde{d}]$ données dans le théorème et par additivité de l'intégrale de Henstock, nous avons:

$$\begin{aligned} D((FHDI) \int_a^b \int_{\tilde{c}}^{\tilde{d}} \tilde{f}(x, \tilde{y}) d\tilde{y} dx, \sum_{i=1}^m \bigoplus_{j=1}^n (x_i - x_{i-1}) \odot (\tilde{y}_j - \tilde{y}_{j-1}) \otimes \tilde{f}(\xi_i, \eta_j)) \\ = D(\sum_{i=1}^m \bigoplus_{j=1}^n (FHDI) \int_{x_{i-1}}^{x_i} \int_{\tilde{y}_{j-1}}^{\tilde{y}_j} \tilde{f}(x, \tilde{y}) d\tilde{y} dx, \sum_{i=1}^m \bigoplus_{j=1}^n (x_i - x_{i-1}) \odot (\tilde{y}_j - \tilde{y}_{j-1}) \otimes \tilde{f}(\xi_i, \eta_j)) \end{aligned}$$

Dès lors que $(FHDI) \int_a^b \int_{\tilde{c}}^{\tilde{d}} \tilde{k} d\tilde{y} dx = (b - a) \odot (\tilde{d} \ominus \tilde{c}) \otimes \tilde{k}$ où $\tilde{k}$ est une constante floue, nous avons ce qui suit:

$$\begin{aligned} D(\sum_{i=1}^m \bigoplus_{j=1}^n (FHDI) \int_{x_{i-1}}^{x_i} \int_{\tilde{y}_{j-1}}^{\tilde{y}_j} \tilde{f}(x, \tilde{y}) d\tilde{y} dx, \sum_{i=1}^m \bigoplus_{j=1}^n (x_i - x_{i-1}) \odot (\tilde{y}_j - \tilde{y}_{j-1}) \otimes \tilde{f}(\xi_i, \eta_j)) \\ = D(\sum_{i=1}^m \bigoplus_{j=1}^n (FHDI) \int_{x_{i-1}}^{x_i} \int_{\tilde{y}_{j-1}}^{\tilde{y}_j} \tilde{f}(x, \tilde{y}) d\tilde{y} dx, \sum_{i=1}^m \bigoplus_{j=1}^n (FHDI) \int_{x_{i-1}}^{x_i} \int_{\tilde{y}_{j-1}}^{\tilde{y}_j} \tilde{f}(\xi_i, \eta_j) d\tilde{y} dx) \\ \leq \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n D(FHDI) \int_{x_{i-1}}^{x_i} \int_{\tilde{y}_{j-1}}^{\tilde{y}_j}, (FHDI) \int_{x_{i-1}}^{x_i} \int_{\tilde{y}_{j-1}}^{\tilde{y}_j} \tilde{f}(\xi_i, \eta_j) d\tilde{y} dx \end{aligned}$$

Cette inégalité est due au fait que D est la distance de Hausdorff et suivant une de ses propriétés. D'après le lemme précité, on a:

$$D(FHDI) \int_{x_{i-1}}^{x_i} \int_{\tilde{y}_{j-1}}^{\tilde{y}_j}, (FHDI) \int_{x_{i-1}}^{x_i} \int_{\tilde{y}_{j-1}}^{\tilde{y}_j} \tilde{f}(\xi_i, \eta_j) d\tilde{y} dx \leq (L) \int_{x_{i-1}}^{x_i} \int_{\tilde{y}_{j-1}}^{\tilde{y}_j} D(\tilde{f}(x, \tilde{y}), \tilde{f}(\xi_i, \tilde{\eta}_j)) d\tilde{y} dx$$

Et d'après le théorème 2, on a:

$$\begin{aligned}
 D(\tilde{f}(x, \tilde{y}), \tilde{f}(\xi_i, \tilde{\eta}_j)) &\leq w_{[x_{i-1}, x_i] \times [\tilde{y}, \tilde{d}]}(f, (x_i - x_{i-1}), \|\tilde{y}_j \ominus \tilde{y}_{j-1}\|) \\
 D((FHDI) \int_a^b \int_{\tilde{c}}^{\tilde{d}} \tilde{f}(x, \tilde{y}) d\tilde{y} dx, \sum_{i=1}^m \bigoplus_{j=1}^n (x_i - x_{i-1}) \odot (\tilde{y}_j - \tilde{y}_{j-1}) \otimes \tilde{f}(\xi_i, \eta_j)) \\
 &\leq \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (L) \int_{x_{i-1}}^{x_i} \int_{\tilde{y}_{j-1}}^{\tilde{y}_j} D(\tilde{f}(x, \tilde{y}), \tilde{f}(\xi_i, \tilde{\eta}_j)) d\tilde{y} dx \\
 &\leq \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (L) \int_{x_{i-1}}^{x_i} \int_{\tilde{y}_{j-1}}^{\tilde{y}_j} w_{[x_{i-1}, x_i] \times [\tilde{y}, \tilde{d}]}(f, (x_i - x_{i-1}), \|\tilde{y}_j \ominus \tilde{y}_{j-1}\|) d\tilde{y} dx \\
 &= \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (x_i - x_{i-1}) \|\tilde{y}_j \ominus \tilde{y}_{j-1}\| \omega_{[x_{i-1}, x_i] \times [\tilde{y}, \tilde{d}]}(f, (x_i - x_{i-1}), \|\tilde{y}_j \ominus \tilde{y}_{j-1}\|)
 \end{aligned}$$

Corollaire 1: Soit $\tilde{f}: [a, b] \times [\tilde{c}, \tilde{d}] \rightarrow \mathbb{F}(\mathbb{R})$ une fonction floue bornée intégrable au sens de Henstock.

Alors, pour $m = n = 3$, on a:

$$\begin{aligned}
 D((FHDI) \int_a^b \int_{\tilde{c}}^{\tilde{d}} \tilde{f}(x, \tilde{y}) d\tilde{y} dx, \sum_{i=1}^m \bigoplus_{j=1}^n (x_i - x_{i-1}) \odot (\tilde{y}_j - \tilde{y}_{j-1}) \otimes \tilde{f}(\xi_i, \eta_j)) \\
 \leq (\alpha - a) \|\gamma \ominus \tilde{c}\| \omega_{[a, \alpha] \times [\tilde{c}, \gamma]}(\tilde{f}, (\alpha - a), \|\gamma \ominus \tilde{c}\|) \\
 + (\beta - a) \|\gamma \ominus \tilde{c}\| \omega_{[\alpha, \beta] \times [\tilde{c}, \gamma]}(\tilde{f}, (\beta - a), \|\gamma \ominus \tilde{c}\|) \\
 + (b - \beta) \|\gamma \ominus \tilde{c}\| \omega_{[\beta, b] \times [\tilde{c}, \gamma]}(\tilde{f}, (b - \beta), \|\gamma \ominus \tilde{c}\|) \\
 + (\alpha - a) \|\delta \ominus \tilde{c}\| \omega_{[a, \alpha] \times [\gamma, \delta]}(\tilde{f}, (\alpha - a), \|\delta \ominus \gamma\|) \\
 + (\beta - a) \|\delta \ominus \gamma\| \omega_{[\alpha, \beta] \times [\gamma, \delta]}(\tilde{f}, (\beta - a), \|\delta - \gamma\|) \\
 + (b - \beta) \|\delta \ominus \gamma\| \omega_{[\beta, b] \times [\gamma, \delta]}(\tilde{f}, (b - \beta), \|\delta \ominus \gamma\|) \\
 + (\alpha - a) \|\tilde{d} \ominus \delta\| \omega_{[a, \alpha] \times [\delta, \tilde{d}]}(\tilde{f}, (\alpha - a), \|\tilde{d} \ominus \delta\|) \\
 + (\beta - a) \|\tilde{d} \ominus \delta\| \omega_{[\alpha, \beta] \times [\delta, \tilde{d}]}(\tilde{f}, (\beta - a), \|\tilde{d} \ominus \delta\|) \\
 + (b - \beta) \|\tilde{d} \ominus \delta\| \omega_{[\beta, b] \times [\delta, \tilde{d}]}(\tilde{f}, (b - \beta), \|\tilde{d} \ominus \delta\|)
 \end{aligned}$$

$\forall \alpha, \beta \in [a, b]$ et $\gamma, \delta \in [\tilde{c}, \tilde{d}]$, $(u, u') \in [a, \alpha] \times [\tilde{c}, \tilde{d}]$, $(v, v') \in [\alpha, \beta] \times [\gamma, \delta]$ et $(w, w') \in [\beta, b] \times [\delta, \tilde{d}]$

Où $\xi_1 = u, \xi_2 = v, \xi_3 = w$ et $\eta_1 = u', \eta_2 = v', \eta_3 = w'$

Corollaire 2: Soit $\tilde{f}: [a, b] \times [\tilde{c}, \tilde{d}] \rightarrow \mathbb{F}(\mathbb{R})$ une fonction floue bornée, intégrable au sens de Henstock. Alors,

$$D((FHDI) \int_a^b \int_{\tilde{c}}^{\tilde{d}} \tilde{f}(x, \tilde{y}) d\tilde{y} dx, \frac{(b-a) \odot (\tilde{d} \ominus \tilde{c})}{36} \otimes [\tilde{f}(a, \tilde{c}) \oplus 4 \odot \tilde{f}(\frac{a+b}{2}, \tilde{c}) \oplus \tilde{f}(b, \tilde{c})])$$

$$\oplus 4 \odot [\tilde{f}(a, \frac{\tilde{c} \oplus \tilde{d}}{2}) \oplus 4 \odot \tilde{f}(\frac{a+b}{2}, \frac{\tilde{c} \oplus \tilde{d}}{2}) \oplus \tilde{f}(b, \frac{\tilde{c} \oplus \tilde{d}}{2})] \oplus [\tilde{f}(a, d) \oplus 4 \odot \tilde{f}(\frac{a+b}{2}, \tilde{d}) \oplus \tilde{f}(b, \tilde{d})] \\ \leq 9(b-a) \parallel \tilde{d} \ominus \tilde{c} \parallel_{\mathbb{F}(\mathbb{R})} \omega_{[a,b] \times [\tilde{c}, \tilde{d}]}(\tilde{f}, (\frac{b-a}{6}), \parallel \frac{\tilde{c} \ominus \tilde{d}}{6} \parallel)$$

Théorème 4: Soit $\tilde{f}: [a, b] \times [\tilde{c}, \tilde{d}] \rightarrow \mathbb{F}(\mathbb{R})$, une fonction lipschitzienne avec les constantes L_1 et L_2 . Alors, pour toute subdivision Δ_m et Δ_n et $\forall \xi_i \in [x_{i-1}, x_i], i = 1, 2, \dots, m$ et $\eta_j \in [\tilde{y}_{j-1}, \tilde{y}_j], j = 1, \dots, n$, nous avons:

$$D((FHD I) \int_a^b \int_{\tilde{c}}^{\tilde{d}} \tilde{f}(x, \tilde{y}) d\tilde{y} dx, \sum_{i=1}^m \bigoplus_{j=1}^n (x_i - x_{i-1}) \odot (\tilde{y}_j - \tilde{y}_{j-1}) \otimes \tilde{f}(\xi_i, \eta_j)) \\ \leq \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (L_1 \parallel \tilde{y}_j \ominus \tilde{y}_{j-1} \parallel) (x_i - x_{i-1}) + L_2 (x_i - x_{i-1}) \tilde{y}_j \ominus \tilde{y}_{j-1})$$

Preuve:

D'après les relations (*) et (**) (Cfr démonstration théorème 3), nous avons ce qui suit:

$$D((FHD I) \int_a^b \int_{\tilde{c}}^{\tilde{d}} \tilde{f}(x, \tilde{y}) d\tilde{y} dx, \sum_{i=1}^m \bigoplus_{j=1}^n (x_i - x_{i-1}) \odot (\tilde{y}_j - \tilde{y}_{j-1}) \otimes \tilde{f}(\xi_i, \eta_j)) \\ \leq \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (L) \int_{x_{i-1}}^{x_i} \int_{\tilde{y}_{j-1}}^{\tilde{y}_j} D(\tilde{f}(x, \tilde{y}), \tilde{f}(\xi_i, \tilde{\eta}_j)) d\tilde{y} dx \quad (1)$$

Par la définition d'une fonction (L_1, L_2) -lipschitzienne, nous avons que

$$D(\tilde{f}(x, \tilde{y}), \tilde{f}(\xi_i, \tilde{\eta}_j)) \leq L_1 |x - \xi_i| + L_2 D(\tilde{y}, \tilde{\eta}_j) \quad (2)$$

ou encore

$$D(\tilde{f}(x, \tilde{y}), \tilde{f}(\xi_i, \tilde{\eta}_j)) \leq L_1 |x - \xi_i| + L_2 \parallel \tilde{y}, \tilde{\eta}_j \parallel$$

(1) et (2) donnent:

$$D((FHD I) \int_a^b \int_{\tilde{c}}^{\tilde{d}} \tilde{f}(x, \tilde{y}) d\tilde{y} dx, \sum_{i=1}^m \bigoplus_{j=1}^n (x_i - x_{i-1}) \odot (\tilde{y}_j - \tilde{y}_{j-1}) \otimes \tilde{f}(\xi_i, \eta_j)) \\ \leq \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (L) \int_{x_{i-1}}^{x_i} \int_{\tilde{y}_{j-1}}^{\tilde{y}_j} (L_1 |x - \xi_i| + L_2 \parallel \tilde{y}, \tilde{\eta}_j \parallel) d\tilde{y} dx \\ \leq \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n [\int_{x_{i-1}}^{x_i} \int_{\tilde{y}_{j-1}}^{\tilde{y}_j} L_1 |x - \xi_i| d\tilde{y} dx + \int_{x_{i-1}}^{x_i} \int_{\tilde{y}_{j-1}}^{\tilde{y}_j} L_2 \parallel \tilde{y}, \tilde{\eta}_j \parallel d\tilde{y} dx] \\ = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n [L_1 \int_{x_{i-1}}^{x_i} \int_{\tilde{y}_{j-1}}^{\tilde{y}_j} |x - \xi_i| d\tilde{y} dx + L_2 \int_{x_{i-1}}^{x_i} \int_{\tilde{y}_{j-1}}^{\tilde{y}_j} \parallel \tilde{y} \ominus \tilde{\eta}_j \parallel d\tilde{y} dx] \\ = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n [L_1 \int_{x_{i-1}}^{x_i} \parallel \tilde{y}_j \ominus \tilde{y}_{j-1} \parallel |x - \xi_i| dx + L_2 \parallel \tilde{y} \ominus \tilde{\eta}_j \parallel \int_{x_{i-1}}^{x_i} \int_{\tilde{y}_{j-1}}^{\tilde{y}_j} d\tilde{y} dx]$$

$$\begin{aligned}
 &= \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n [L_1 \parallel \tilde{y}_j \ominus \tilde{y}_{j-1} \parallel \int_{x_{i-1}}^{x_i} |x - \xi_i| dx + L_2 \parallel \tilde{y} \ominus \eta_j \parallel \parallel \tilde{y}_j \ominus \tilde{y}_{j-1} \parallel \int_{x_{i-1}}^{x_i} |x - \xi_i| dx] \\
 &= \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n [L_1 \parallel \tilde{y}_j \ominus \tilde{y}_{j-1} \parallel \frac{1}{2} ((x_{i-1} - \xi_i)^2 + (x_i - \xi_i)^2) + L_2 \parallel \tilde{y} \ominus \eta_j \parallel \parallel \tilde{y}_j \ominus \tilde{y}_{j-1} \parallel (x_i - x_{i-1})] \\
 &= \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n L_1 \parallel \tilde{y}_j \ominus \tilde{y}_{j-1} \parallel \frac{1}{2} ((x_{i-1} - \xi_i)^2 + (x_i - \xi_i)^2) + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n L_2 \parallel \tilde{y} \ominus \eta_j \parallel \parallel \tilde{y}_j \ominus \tilde{y}_{j-1} \parallel (x_i - x_{i-1})
 \end{aligned}$$

4 CONCLUSION

Dans ce article, il a été question d'introduire et d'évaluer l'intégrale double floue de Henstock dont l'une des variables est floue, en appliquant la règle de Simpson. Il s'agit de calculer l'intégrale sur un domaine quasi-flou rectangulaire. Dans ce sens, nous avons établi et démontré un théorème qui montre la limite supérieure de la distance entre les valeurs exactes et approximatives. Pour la suite, il serait envisageable de faire les mêmes analyses pour l'intégrale d'une fonction floue à deux variables floues sur un domaine rectangulaire flou.

REFERENCES

- [1] Allaviranloo T., Romberg integration for fuzzy function, Appl. Math Comput 168 (2) (2005) 866-876.
- [2] Araghi M. A. F., Numerical solution of fuzzy integrals, Proceeding of the International Conference of Numerical Analysis and Applied Mathematics, Crete, Greece, (2006) 32-35.
- [3] Araghi M. A. F., Numerical solution of the fuzzy definite integrals using the Newton Cotes integration methods, 5th Iranian Conference of Fuzzy Systems (2004) 283-290.
- [4] Bede B. and Gal S. G., Quadrature rules for integrals of fuzzy number valued functions, Fuzzy Sets and Systems 145 (2004) 359-380.
- [5] Burden R. L. and Fairs J. D., Numerical Analysis, Brooke/cole, 7th edition, USA, 2001.
- [6] Dubois D. and Prade H., Fuzzy Numbers: an Overview, in Analysis of Fuzzy Information, Vol. 1, CRC Press, Boca Raton, FL, (1987) 33-39.
- [7] Khadem F. et Araghi M. A. F., Avaluating a fuzzy Henstock double integral using double Simpson's rule, Annals of Fuzzy Mathematics and Informatics (2014) 675-686.
- [8] Lee P. Y., Lanzhou Lectures on Henstock Integration, World Scientific, Singapore 1989.
- [9] Sugeno M. Theorie of fuzzy integrals and its applications, Phd Dissertation thesis, Tokyo Institute of Technology, 1974.
- [10] Wu C. and Wong Z., On Henstock integral of fuzzy-number-valued functions, Fuzzy Sets and Systems 120 (2000) 1-25.
- [11] Wu H. C., Evalute fuzzy Riemann integral using the Monte Carlo method, J. Math. Anal. Appl. 264 (2001) 324-343.
- [12] Zadeh L. A., Fuzzy sets, Information and control, 8 (1965) 338-353.
- [13] Goetschel R., Voxman W., Elementary fuzzy calculus, Fuzzy Sets and Systems 18 (1986) 31-43.

Modeling of Humidity Evolution During Solar Drying of Cassava in a Ventilated Attic

Aristide Tieu¹, Simon Abe Yapi¹, and Prosper Gbaha²

¹Laboratoire de Technologie, Université Félix Houphouët-Boigny, 22 BP 582 Cocody Abidjan 22, Côte d'Ivoire

²Laboratoire d'Energie Nouvelle et Renouvelable, Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny, BP 581, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

Copyright © 2021 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 Africa, it is possible to take advantage of the heat provided by metal roofs (constantly exposed to the sun) for the drying of agricultural products to reduce post-harvest losses. For this purpose, a prototype ventilated attic equipped with shelves is built and tested on the drying of cassava. For 6 kg of manioc, it takes three days to dry in the prototype. The modeling of moisture growth in the drying air is carried out by the fourth-order Runge-Kutta method. The theoretical results allow predicting the variation of moisture in the air of the attic with accuracy. Modeling of the manioc drying curve is made using five semi-empirical models. The Midili-Kucuk model is the one that best predicts moisture content evolution in cassava, as it gives the highest value of the determination coefficient. As drying is a simultaneous heat and mass transfer phenomenon, the coefficients of heat and mass transfer evolutions were observed too. We noticed their increase with drying time. The presence of fresh products in the attic keeps its internal temperature lower than outside. When the products are no longer fresh, the temperature of the attic (on the products) increases. Polystyrene insulation on the ceiling, product bed and air circulation generated by chimneys help prevent heat from migrating through the ceiling. So, this attic has two advantages: the drying of products to extend its shelf life and reduction of heat in houses.

KEYWORDS: Runge-Kutta, modeling, solar drying, ventilated attic, drying air, drying curve.

1 INTRODUCTION

The issue of food drying, either to increase its market value or for its long-term preservation, is still current. It is the subject of several rather recent works. Indeed, for several developing countries and particularly for farmers in Africa, the appropriate methods of treatment for agricultural productions are unknown [1] and they face heavy post-harvest losses [2], [3], [4]. Drying is a critical step in preventing farm production losses [5]. Reference [6] studied the coefficient of shrinkage, the coefficient of moisture diffusion, and drying kinetic of cocoa in an indirect solar dryer. In another article [7], he establishes relationships to calculate the density, porosity, mass transfer coefficient, and heat transfer coefficient for the drying of the same product. Reference [8] introduced an indirect solar dryer for farm products and meat. He presented its economic benefits for users. Reference [9] exhibits in recent works, different types of solar dryers widely used in Africa and Asia. Their effects on product quality and the economic, environmental, and social impact are also exposed. Reference [10] presented different drying systems and the conditions of their use. He suggested that for efficient and economically viable drying, the design of the dryer should take into account the characteristics of the product to be dried as well as the climatic conditions in which the drying is carried out. Experimentation, in its implementation, is often costly. Several researchers are increasingly turning to the modeling of transfers that take place during the drying process [11], [12], [13], [14]. Reference [15] proposed a heat and mass transfers models for the drying of red chili in a natural-convection mixed-mode solar dryer. The differential equations of the model were solved numerically by the fourth-order Runge-Kutta method. The validation of the models was done by comparison of calculated data with experimental results. Several other models of agricultural drying have been carried out by researchers to facilitate understanding of the method [16], [17], [18], [19]. Drying in the attic is a very old technique always in use by the peasants of West Africa in remote places. The products to be dried are exposed in the attics of the huts whose roofs are made

of straws, to keep them away from pets, thieves and dirt. Drying occurs under the effect of wood smoke or after a long period under the effect of the low airflow in the attic. The result is poor quality products infested with the taste, smell, and color of smoke or attacked by mold. The metal roofs, constantly exposed to the sun in Africa, are real sources of heat and they offer the possibility to improve this old technique of drying in the attic. For this purpose, a prototype attic ventilated with natural convection, which can be used to dry the agricultural products is built and tested. In this work, we undertake modeling of the variation in the water content of the drying air and the water content of the manioc used for drying. Changes in heat and mass transfer coefficients are observed. The advantages of the method for the thermal comfort of the houses are also presented.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 MASS BALANCE EQUATIONS

The mass transfer on the air takes into account the humidity absorbed from the product surface by the air and the variation of humidity due to the variation of air absolute humidity values inside and outside the dryer [20], [21]. The mass balance is therefore applied to the manioc slices used as products to dry and to the drying air. Based on these assumptions, the mass transfer equation is given like this:

$$m_a Y_s' = \dot{m}(Y_e - Y_s) - m_0 \dot{X} \quad (1)$$

The drying of manioc is usually done in two phases [22], [23]:

- The constant rate drying phase is generally considered as an adiabatic drying phase.
- The decreasing-rate period.

During the first drying phase (constant rate), the mass variation in the product can be expressed like this:

$$\dot{m}_p = m_0 \dot{X} = \frac{h_c}{L_v} S_p (T_a - T_p) \quad (2)$$

h_c , L_v , T_a , T_p are heat transfer coefficient, latent heat of water vaporization, drying air temperature, and product temperature respectively. During the drying speed drop phase, the following equation was established for the moisture content X_t of the product:

$$\log\left(\frac{X_t - X_f}{C}\right) = -at \quad (3)$$

This allows us to write the following expressions:

$$X(t) = C \cdot e^{-at} + X_f \quad (4)$$

Then:

$$m_0 \dot{X} = -a \cdot m_0 \cdot C e^{-at} \quad (5)$$

The constant drying rate phase is brief and is not always seen. In this study, we only take into account the falling rate phase. For this phase, during the drying of cassava conducted by [23], the value of the constant "a" is $4 \cdot 10^{-5}$. We assume this value for our modeling. Constant "C" is the difference between the initial water content and the final water content of the product (experimentally determined). The inlet external air absolute water content is given by the following expression:

$$Y_e = \frac{0.622}{\frac{P}{H_r \cdot P_s(T)} - 1} \quad (6)$$

Where P is atmospheric pressure, it is given according to the altitude Z by the following expression [24] :

$$P = 101325 - 12Z + 5,2 \cdot 10^{-4} Z^2 \quad (7)$$

Hr is the measured air relative humidity and $Ps(T)$, the pressure of air in the saturated state, it is given by the Formula of Dupré :

$$Ps(T) = e^{\left[46,784 - \frac{6435}{T+273,15} - 3,868 \cdot \ln(T+273,15)\right]} \quad (8)$$

T is the temperature ($^{\circ}C$). Based on the attic air relative humidity values measured, the values of its experimental absolute humidity are determined. For the resolution of eq. (1) by the fourth-order Runge-Kutta method, it is written in the following form:

$$Y'_s(t) = \frac{\rho_a S v_a}{m_a} (Y_e(t) - Y_s) + \frac{m_0}{m_a} a \cdot Ce^{-at} \quad (9)$$

Where ρ_a , S et v_a are respectively air density, attic air inlet surface, and the average airspeed.

Then we can write:

$$f(Y_{s,n}, t_n) = \frac{\rho_a S v_a}{m_a} (Y_e(t_n) - Y_{s,n}) + \frac{m_0}{m_a} a \cdot Ce^{-at_n} \quad (10)$$

$Y_s(0) = 18.63 \text{ g/kg a.s}$ (initial absolute humidity of drying air in the morning), $t_0 = 0$, the step time is $h = 15$ minutes, the anhydrous mass of the cassava is $m_0 = 2.22 \text{ kg}$, air mass flow rate

$$\dot{m} = \rho_a \cdot S \cdot v_a \approx 0.013 \text{ kg/s.}$$

$$K_1 = h * f(Y_{s,n}, t_n) \quad (11)$$

$$K_2 = h * f\left(Y_{s,n} + \frac{K_1}{2}, t_n + \frac{h}{2}\right) \quad (12)$$

$$K_3 = h * f\left(Y_{s,n} + \frac{K_2}{2}, t_n + \frac{h}{2}\right) \quad (13)$$

$$K_4 = h * f(Y_{s,n} + K_3, t_n + h) \quad (14)$$

$$Y_{s,n+1} = Y_{s,n} + \frac{1}{6} (K_1 + 2K_2 + 2K_3 + K_4) \quad (15)$$

$$t_{n+1} = t_n + h \quad (16)$$

From a Matlab language R2014a, we get the theoretical values of the drying air absolute humidity. These values allow us to calculate its theoretical relative humidity values at any time.

2.2 MODELING OF CASSAVA DRYING CURVE

For the choice of the model that better describes the cassava drying curve, five semi-empirical models were used (Tab. 1). To evaluate the fitting performance, the following statistical parameters were used, namely: the coefficient of determination (R^2), the chi-square (χ^2), and the root mean square error (RMSE) [25], [26]. Their expressions are given below.

Table 1. Semi-empirical models used for cassava drying curve modeling

Names of the models	Expression of the moisture content
Newton	$X(t) = \exp(-kt)$
Page	$X(t) = \exp(-kt^n)$
Henderson and Pabis	$X(t) = a \cdot \exp(-kt)$
Logarithmic	$X(t) = a \cdot \exp(-kt) + c$
Midilli-Kucuk	$X(t) = a \cdot \exp(-kt^n) + bt$

Where a , k , n , b , and c are constants. The water content of the manioc is calculated from the values of the weight of the manioc obtained experimentally.

$$X(t) = \frac{m_t - m_0}{m_0} \quad (17)$$

m_t is the weight of the product at any time t .

$$R^2 = 1 - \frac{\left[\sum_{i=1}^N (X_{pre} - X_{exp})^2 \right]}{\left[\sum_{i=1}^N (\bar{X}_{pre} - X_{exp})^2 \right]} \quad (18)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X_{pre} - X_{exp})^2}{N - Z} \quad (19)$$

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_{pre} - X_{exp})^2 \right]^{1/2} \quad (20)$$

N : number of experimental points, Z is the number of constants.

X_{pre} : the predicted value of moisture content by the model and

X_{exp} : moisture content from experimental data.

2.3 HEAT TRANSFER AND MASS TRANSFER

Drying occurs in a process of simultaneous transfer of heat and mass between the product and the drying air. As established by [7], the heat transfer coefficient (h) and mass transfer coefficient (h_m) are expressed as follows:

$$h_m = \frac{V}{S_p t} \ln \left(\frac{X_0 - X_f}{X_t - X_f} \right) \quad (21)$$

$$h = \frac{\rho_a C_{pa} d_p}{6t} Le^{2/3} \ln \left(\frac{X_0 - X_f}{X_t - X_f} \right) \quad (21)$$

In these equations, X_0 , X_f , and X_t are cassava initial, equilibrium and, instantaneous moisture content respectively. Le (≈ 0.85) is the Lewis number, V , S_p , d_p , are cassava slice volume, exchange surface, and diameter respectively. ρ_a is air density and C_{pa} is air's specific heat. t is the time elapsed. Cassava slices are parallelepipedic with approximately 40 mm length, 25 mm wide and 7 mm thick. So average volume is $\bar{V} = 7cm^3$. The average geometric diameter is deduced by the following method:

$$\bar{V} = \frac{4}{3} * \pi * \left(\frac{\bar{d}_p}{2} \right)^3 = \frac{\pi}{6} * \bar{d}_p^3 \quad (22)$$

So we can write

$$\bar{d}_p = \left(\frac{6\bar{V}}{\pi} \right)^{1/3} \quad (23)$$

2.4 DESCRIPTION OF THE PROTOTYPE VENTILATED ATTIC

The prototype ventilated attic used for the solar food drying (Fig. 1) is equipped with three PVC pipe chimneys, each 1,5 m high and 50 mm in diameter. The roof is made of an aluminum-zinc wavy sheet and it is blackened (as drying is energy demanding) to increase the heating of the products during the day thanks to the sun. The ceiling is 10 mm thick plywood and it is covered with a 8 cm thick polystyrene layer to prevent the heat from crossing it [27]. The drying shelves are arranged in staircase along the roof and separated by vertical boards to ensure uniform heating of the products; the boards prevent wet air from a shelf to go through the next. The prototype is 860 mm wide and 1.8 m long. The air inlet has a width of 840 mm and a height of 40 mm. Each drying shelf was charged with 1,5 kg of cassava. The prototype is tilted at a 10° angle compared to the horizontal plane. And the whole thing is mounted on a support of 2,5 m high to have a height of house roofs.

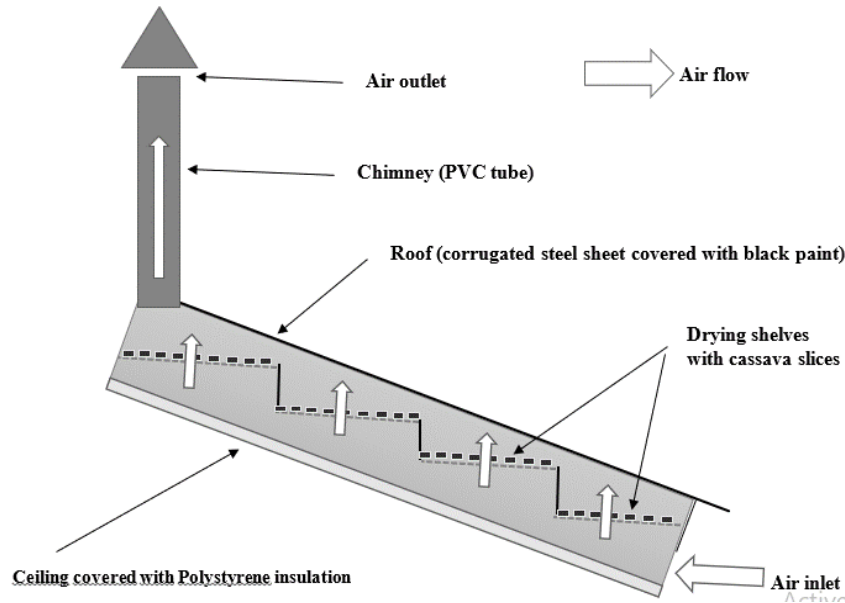


Fig. 1. Profile view of the ventilated attic prototype

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 EXPERIMENTAL RESULTS

Fig. 2 shows evolution of both ambient air and attic's air relative humidity. The humidity of the ambient air varies from 32% and 76% for these three days of drying. For the air of the attic, its moisture ranges between 31,26% and 80,45%. On the first and second drying days, we can see that drying air relative humidity is higher than that of ambient air. Indeed, at the beginning of drying, manioc contains a lot of free water. This water is easily released into the attic's air with the diurnal increase of solar radiation. In the evening, with reduction of sunshine, moisture grows in attic's air as well as in the ambient air. Similar results were observed by Tagne [15] during drying of red chili in a mix-mode solar dryer. He noticed that air in the drying chamber was slightly wetter than air at the solar collector outlet. In our case, there is no air preheating system, therefore air in the prototype containing the fresh cassava is wetter.

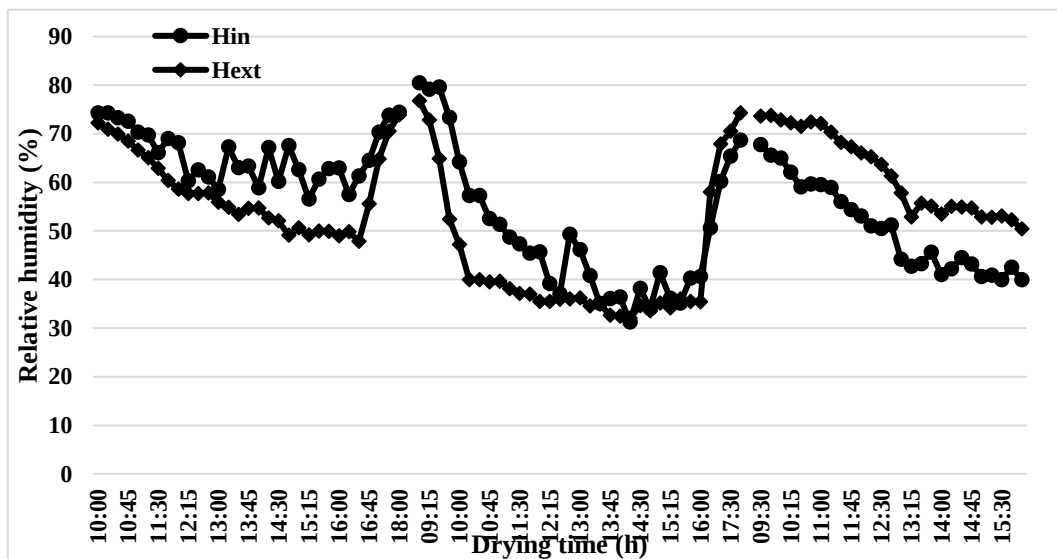


Fig. 2. Ambient air relative humidity (Hext) and attic's air relative humidity (Hin)

On the last drying day, humidity released by the product is very low because it is almost dried and the remaining moisture is increasingly bound in it. Then we can observe that drying air relative humidity is lower than that of ambient air whatever the sun intensity. These observations are consistent with the drying curve (Fig. 3). We can observe a rapid decrease in the moisture content during the first two drying days. On the last day, the drying is very slow and moisture doesn't decrease any more when it reaches the threshold value of 0.126kg/kg in dry basis.

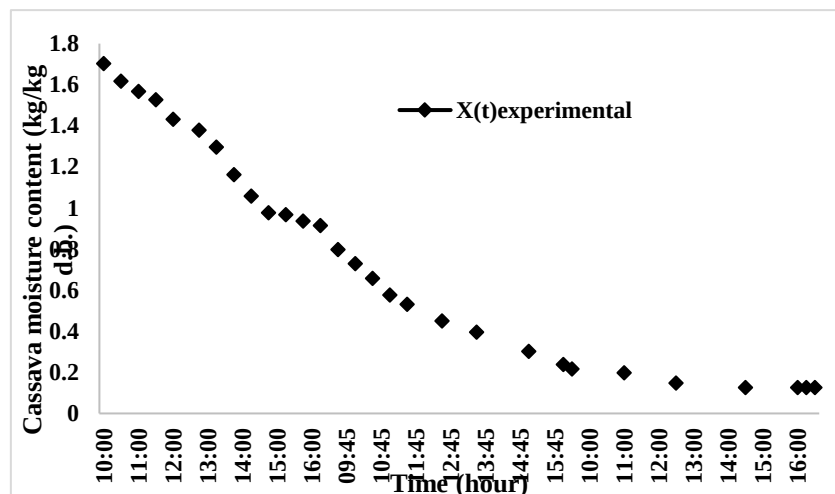


Fig. 3. Variation in moisture content of cassava during indirect solar drying in the attic

3.2 MODELING OF HUMIDITY EVOLUTION IN DRYING AIR

Fig. 4a presents the evolutions of experimental and numerical evolution of moisture in the drying air. The mean relative percentage deviation modulus [28], $E\%$, was calculated to evaluate fit quality. It allows correlating the theoretical and experimental data. Low values ($E\% < 10\%$) are signs of good fit. It's expressed in the following way:

$$E\% = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|Hr_{in\ exp} - Hr_{in\ theo}|}{Hr_{in\ exp}} \quad (25)$$

$Hr_{in\ exp}$: the experimental value of drying air relative humidity.

$Hr_{in\ theo}$: Theoretical value of drying air relative humidity.

N : number of observations

The value obtained for this modeling, $E\% = 6,9\%$ is satisfactory, [4] obtained similar results for the modeling of temperature in the chimney of his dryer. It shows that this model can predict the evolution of moisture in the attic's air with accuracy. This statement is confirmed by the good distribution of the points around the $X=Y$ line observed in Fig. 4b below.

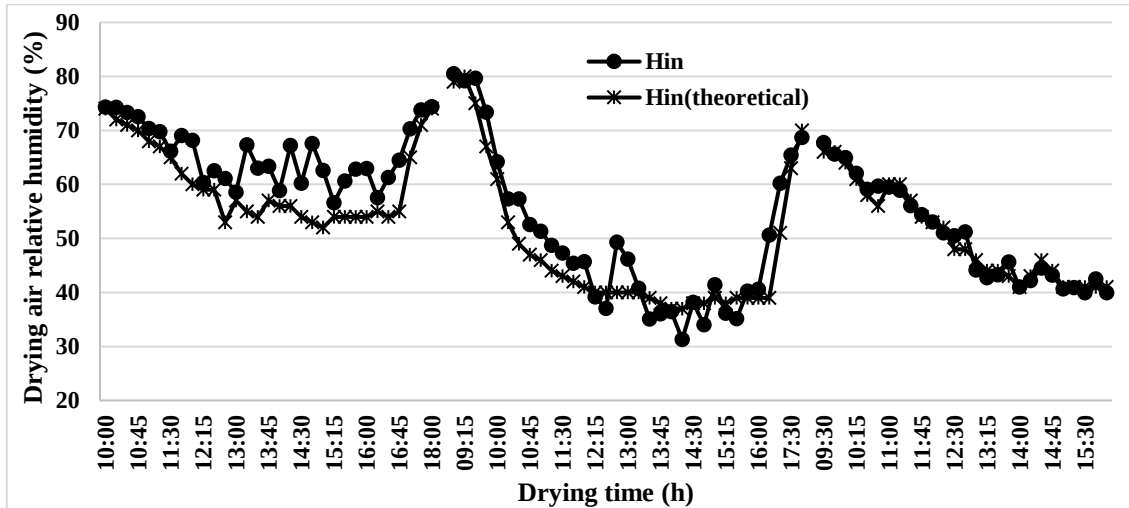


Fig. 4. a. Experimental and numerical drying air relative humidity versus drying time

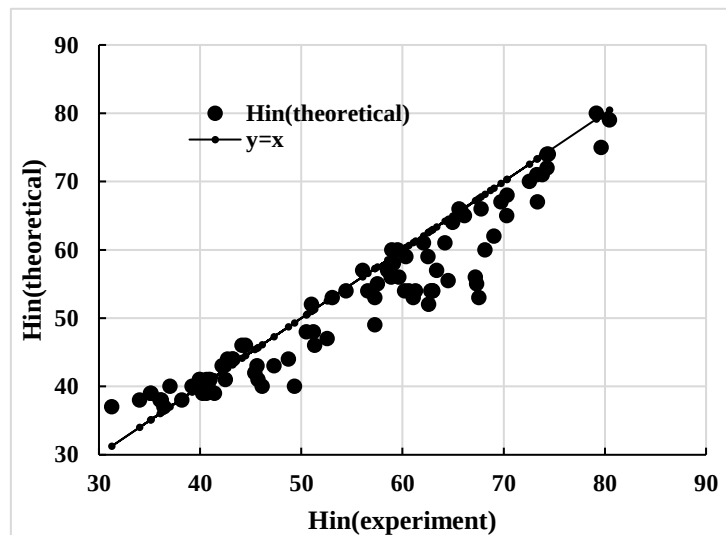


Fig. 4. b. Theoretical drying air humidity versus experimental values

3.3 RESULTS FOR THE MODELING OF CASSAVA DRYING CURVE

Table 2. Drying Curve Modeling Results

Models	Constants				Statistical parameters		
	a	k	n	b	R ²	chi-square	RMSE
Newton	-----	0.0624	-----	-----	0.8124	0.0993	0.3096
Page	0.000935	2.89	-----	-----	0.8659	0.0596	0.2357
Logarithmic	1.8645	0.1395	-----	-----	0.991	0.0026	0.0497
Henderson and Pabis	1.8645	0.1395	0	-----	0.991	0.0027	0.0497
Midili-Kucuk	1.6571	0.05751	1.4088	0.0043	0.997	0.00091	0.0280

Tab. 2 contains the calculated values of the statistical parameters used for the choice of the best model as well as the values of the constants for each model. Among the models used, the Midili-Kucuk model has the highest value of the coefficient of determination (0.996) and the lowest values of the chi-square (0.00148) and the RMSE (0.036). It is therefore the model that best represents the drying curve of the manioc. Fig. 5a presents cassava experimental and numerical moisture content variation

versus drying time. We can observe the same evolution for the curves. And on Fig. 5b we also have a good distribution of points around the Y=X line. The best expression of $X(t)$ for the drying curve is, therefore:

$$X(t) = 1.6571 \exp(-0.05751t^{1.40887}) + 0.0043t \quad (26)$$

This new expression of $X(t)$ would allow obtaining theoretical values of the relative humidity of the air closer to the experimental points if inserted in eq. (1).

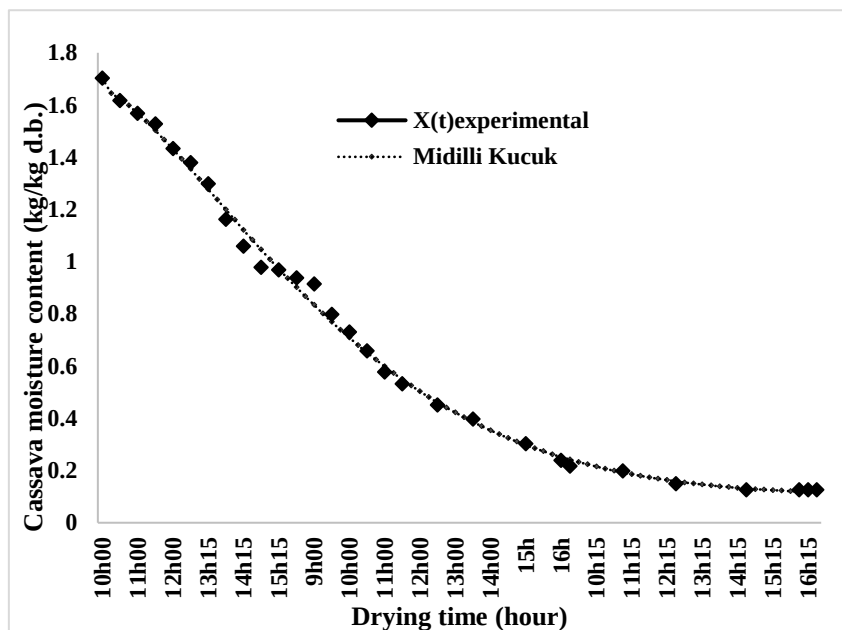


Fig. 5. a. The experimental and numerical moisture content of cassava versus drying time

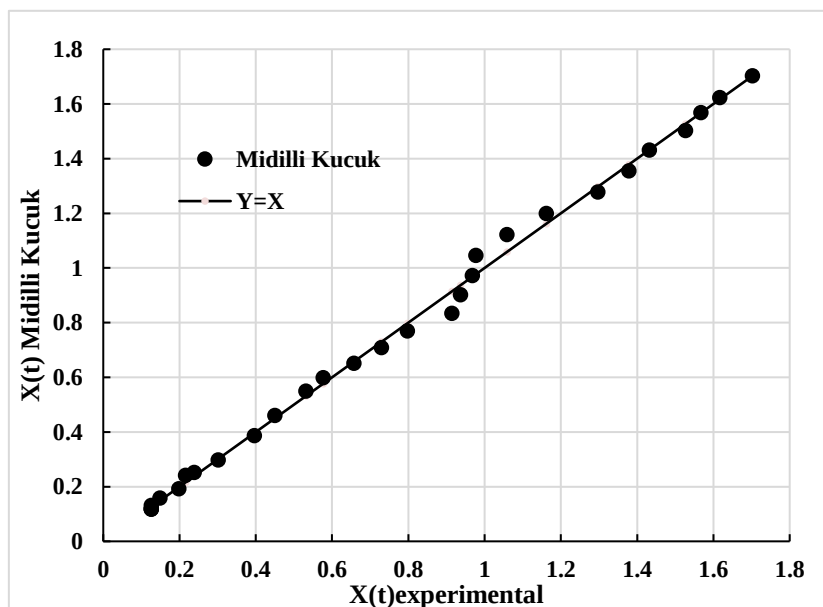


Fig. 5. b. Numerical moisture content versus experimental points

3.4 MASS TRANSFER AND HEAT TRANSFER COEFFICIENTS EVOLUTION

Fig. 6 outlines heat and mass transfer coefficient evolution with the drying time. We observe an increase in their values. They are between 0.00046 and 0.0017 for the heat transfer coefficient and between 0.000213 and 0.00083 for the mass transfer coefficient. Other researchers observed these same increases earlier in their works [29], [30]. Drying air temperature increases with drying time. This increase of the drying air temperature increases the temperature of the food material, involving thus raising its rate of moisture diffusion from inside to its surface. Then mass transfer coefficient increases with increasing drying air temperature [7]. Since the heat transfer coefficient is calculated in the same way as the mass transfer coefficient, their evolution is almost similar.

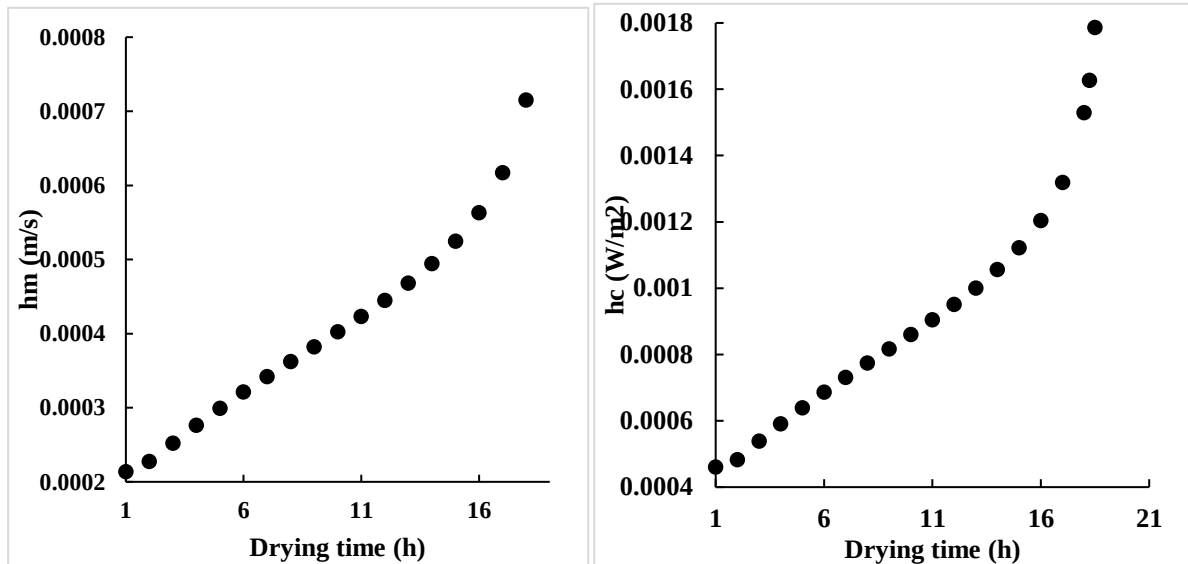


Fig. 6. Evolution of heat and mass transfer coefficient during drying of cassava in the ventilated attic.

3.5 TEMPERATURE EVOLUTION IN THE ATTIC

Tab. 2 presents the values of ambient temperature and that of the attic air during experimentation days. There is a low temperature in the attic compared to outside air temperature at the beginning of the drying. On the third day, the trend is reversed; the outside temperature becomes lower than that in the attic. These findings are in line with those of paragraph 3.1. The first days of drying are marked by the evaporation of the free water of the product. The air in the attic being filled with this moisture, its temperature remains lower than that of ambient air. During this period, only the circulation of the air generated by the chimneys makes it possible to dry. On the last day, moisture becomes rare and difficult to tear out from the product. The air in the attic becomes less wet and its temperature increases during the day with sunshine. The product bed behaves like an additional obstacle preventing the heat captured by the roof from reaching the ceiling. The risk that the heat of the attic passes through the ceiling covered with insulation is therefore very low. When there is no product to dry in the attic, increased air flow generated by chimneys [25] and the insulation on the ceiling impede heat from crossing the ceiling. With this type of attic, there is no heat growth in the underneath room linked to the roof.

Table 3. Temperature evolution inside and outside the attic

Hours	Internal temperature(°C)			External temperature(°C)		
	Day 1	Day 2	Day 3	Day 1	Day 2	Day 3
10:00	29.2	27.21	29.82	29.31	29.31	28.45
10:30	29.59	27.81	31.29	29.89	29.89	29.07
11:00	29.58	28.35	32.52	29.89	29.89	29.34
11:30	29.86	29.05	33.44	30.17	30.17	29.33
12:00	30.13	29.41	32.51	30.44	30.44	29.58
12:30	30.31	29.73	32.52	30.62	30.62	29.85
13:00	30.64	30.14	33.56	30.95	31.14	30.49
13:30	31.2	30.44	34.37	31.51	30.96	30.57
14:00	31.68	30.82	34.76	31.99	31.55	31.06
14:30	31.76	30.56	35.33	32.07	31.68	31.15
15:00	31.66	30.62	36.71	31.97	31.82	31.29
15:30	33.49	30.78	36.26	33.8	32.15	31.74
16:00	32.17	31.84	36.78	32.48	32.24	32.38
16:30	32.52	31.51		32.83	32.21	
17:00	32.96	30.86		33.27	32.54	
17:30	31.89	30.51		32.2	32.68	
18:00	31.87	30.21		32.18	32.93	

4 CONCLUSION

A prototype of ventilated attic usable for the drying of the products is built and tested with the drying of cassava in Yamoussoukro. To have a clear idea of the variation of moisture in the air of the attic and the product, a mathematical model of mass transfer is developed for air humidity and the drying curve is modeled with five semi-empirical equations. Simulation of the mass transfer model gives satisfactory results. Indeed, the mean relative deviation modulus (E%) gives a value consistent with the recommendation of the literature. For the drying curve, the model that gives a higher value of the determination coefficient and low values of the chi-square and the RMSE is the model of Midili-Kucuk. Increases in heat and mass transfer coefficients with drying time were observed too. The values ranged between 0.00046 and 0.0017 for the heat transfer coefficient and between 0.000213 and 0.00083 for the mass transfer coefficient. This attic also prevents the heat captured by the roof from migrating into the room below by the ceiling, thus contributing to thermal comfort. We envisage a comparative study of its behavior in the rainy season and the dry season and with other agricultural products.

NOMENCLATURE

C_p : specific heat [$\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$];
 h_c : heat transfer coefficient [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$];
 h_m : mass transfer coefficient [m/s];
 Hr : air relative humidity [%]
 L_v : latent heat of evaporation of water [J/kg];
 m : air mass, product mass [kg]
 $\dot{m}$: mass flow rate [kg/s],
 $P_s(T)$: pressure of saturated air [mmHg]
 P : atmospheric pressure [Pa];
 S : surface [m^2];
 T : temperature [K];
 t : time [s];
 X : product moisture content in dry bases [kg/kg];
 $\dot{X}$: Product moisture flow rate [$\text{kgkg}^{-1}\text{s}^{-1}$]

Y : air humidity [kg/kg];
 $Y' = \frac{dY}{dt}$: air humidity flow rate [$\text{kgkg}^{-1}\text{s}^{-1}$];
 Z : altitude of the place [m];

Greek symbols

ρ_a : air density [kg/m^3]

Subscripts

a: air
e: ambient air
p: product
s: drying air, product surface
exp: experimental
theo: theoretical
0: anhydrous

REFERENCES

- [1] Macmanus Chinenye Ndukwa, O.A. Akani, K.J. Simonyan, "Nigeria's grain resource structure, and government sustainable policy: A review", *Agric. Eng. Int. CIGR J*, vol. 3, no. 17, pp. 441–457, 2015.
- [2] <http://www.fao.org/docrep/008/w0078f/w0078f0c>.
- [3] Mohammed, B., et Al., "Profitability in chili pepper production in Kaduna state, Nigeria", *Br. J. Appl. Sci. Technol.*, Vol. 3, no 12 pp. 1-9, 2016.
- [4] Koua, K. B., et Al., "Modeling of thermal behavior of a direct solar drier possessing a chimney: Application to the drying of cassava", *Indian Journal of Science and Technology*, vol. 4, no. 12 pp. 1609-1618, 2011.
- [5] Dissa, A. O., et Al., "Modeling and experimental validation of thin layer indirect solar drying of mango slices", *Renew. Energy*, vol. 4, no. 34, pp. 1000-1008, 2009.
- [6] Koua Kamenan Blaise, Ekoun Paul Magloire and Prosper Gbaha, *Séchage des fèves de cacao dans un séchoir solaire indirect à circulation forcé d'air*, *CAMES journal - Applied and Engineer Sciences*, vol. 2, no.2, pp. 15-19, 2017.
- [7] Koua Kamenan Blaise, Ekoun Paul Magloire and Prosper Gbaha, "Evolution of shrinkage, real density, porosity, heat, and mass transfer coefficients during indirect solar drying of cocoa beans", *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, vol. 18, no. 1, pp. 72-82, 2019.
- [8] Kanyarusoke, K. E., "An Engineered solar crop and meat dryer for rural Africa: A techno-economic outlook", *IOP Conf. Series: Earth and Environment Science*, vol. 354, no. 012009, pp. 402-409, 2019.
- [9] Udomkun, P., et Al., "Review of a solar dryer for agricultural products in Asia and Africa: an innovation landscape approach", *Journal of Environment Management*, vol. 268, no. 110730, 2020.
- [10] Brian Norton, "Characteristics of different systems for the solar Drying of Crops", *Solar Drying Technology Springer*, vol. 10, no 4, pp. 978-981, 2017.
- [11] Onwude, D. I., et Al., "Modeling the thin layer drying of fruits and vegetables: a review", *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, vol. 15, pp. 599-618, 2016.
- [12] Simo-Tagne, M., et Al., "Modeling, numerical simulation and validation of a convective dryer in steady conditions: a case study of tropical woods", *Int. J. Model. Simul.*, 2019.
- [13] B. Lamrani, A. Khouya, B. Zeghmami, A. Draoui, "Mathematical modeling and numerical simulation of a parabolic trough collector: a case study in thermal engineering", *Therm. Sci. Eng. Prog.*, vol. 8, pp. 47-54, 2018.
- [14] Henriquez, C., et Al., "Kinetic modeling of phenolic compound degradation during drum-drying of apple peel by products", *J. Food Eng.*, vol. 143, pp. 146-153, 2014.
- [15] Simo-Tagne, M., et Al., "Numerical analysis and validation of a natural convection mix-mode solar dryer for drying red chili under variable conditions", *Renewable Energy*, vol. 151, pp. 659–673, 2020.
- [16] Fokone, T. A., et Al., "Modélisation de la Cinétique de Séchage de la Carotte (*Daucus carota*)", *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 4, no. 2, pp. 375-381, 2013.
- [17] Koffi A. S., et Al., "A numerical model of cocoa beans drying kinetics in an indirect solar and air crossing dryer", *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 23, no. 4, pp. 717-731, 2018.
- [18] Bassene, P. T., et Al., "Détermination expérimentale et modélisation de la cinétique de séchage des granules de la farine de mil par la méthode de la courbe caractéristique de séchage (CCS)", *AfriqueSCIENCES*, vol. 13, no. 4, pp. 241-250, 2017.
- [19] Simo-Tagne, M., et Al., "Numerical Study of the Drying of Cassava Roots Chips Using an Indirect Solar Dryer in Natural Convection", *AgriEngineering*, vol. 3, pp. 138–157, 2021.
- [20] Merlin Simo-Tagne & Lyes Bennamoun, "Numerical study of timber solar drying with application to different geographical and climatic conditions in Central Africa", *Solar Energy*, vol. 170, pp. 454-469, 2018.
- [21] Naoual Bekkioui, *Séchage solaire du bois: modélisation simplifiée du séchage solaire d'une pile de bois dans un séchoir solaire à parois vitrées*, Thèse de Doctorat, Université Mohammed V-AGDAL, Rabat, Maroc, 2009.
- [22] Siaka Toure & Serges Kibangu-Nkembo, "Comparative study of natural solar drying of cassava, banana, and mango", *Renewable Energy*, vol. 29, pp. 975–990, 2004.
- [23] Koua, K. B., et Al., "Etude expérimentale de la cinétique de séchage du manioc dans un séchoir solaire directe muni d'un circulateur thermique". *Rev. Ivoire sci. Technol.*, vol. 9, pp. 11-26, 2007.
- [24] Galilée, L. P., *L'air humide*, Academie de Paris, Paris, France, 2005.
- [25] Tieu, Z. A., et Al., "Étude expérimentale d'un grenier séchoir solaire à convection naturelle: Application au séchage du cacao et du manioc", *AfriqueSCIENCES*, vol. 2, no. 15, pp. 80 – 95, 2019.
- [26] Danny S. Parker, *Improving Attic Thermal Performance*, 2004. [online] Available: <http://www.homeenergy.org>. (Jun 8, 2020).
- [27] Pechaporn, P., et Al., "Effect of temperature and shape on drying performance of cassava", *Agriculture and Natural Resources*, vol. 51, pp. 402-409, 2017.
- [28] Rosa GS Moraes MA & Pinto, "Moisture sorption properties of chitosan", *LWT-Food Sci.* vol. 43, pp. 415-420, 2010.
- [29] Fu, B. A., et Al., "Heat transfer characteristics on lignite thin layer during hot air forced convective drying", *Fuel*, vol.154, pp. 132-139, 2015.
- [30] Ateeque, M., et Al., "Numerical modeling of convective drying of food with spatially dependent transfer coefficient in a turbulent flow field", *int. J. Therm. Sci.*, vol. 78, pp. 145-157, 2014.

Etude de l'influence de *Jatropha curcas* sur le rendement du maïs (*Zea mays* L.) en association culturale dans la région de Bingerville en Côte d'Ivoire

Alla Kouadio Théodore¹, N'Ganzoua Kouamé René², Yeo Gnénakan³, and Kouadio Yatty Justin⁴

¹Institut Pédagogique National de l'Enseignement Technique et Professionnel, Département de Formation des Formateurs aux Métiers de l'Agriculture, 08 BP 2098 Abidjan 08, Côte d'Ivoire

²Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Agroforesterie, Département de Pédologie et SIG, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

³Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), 01 BP 1740 Abidjan 01, Côte d'Ivoire

⁴Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Agroforesterie, Département de Biologie, Physiologie et de Génétique, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

Copyright © 2021 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 assess the influence of *Jatropha curcas* cultivation on maize yield in a cropping association, a study was conducted on the application farm of the Ecole Régionale d'Agriculture du Sud in Bingerville from 2015 to 2016. The study aimed to determine the appropriate *Jatropha* planting density to improve maize yield in a cropping association. The experiment consisted in setting up a randomized complete block design with three replications, including three treatments T1 (2*2m); T2 (3*2m) and T3 (4*2m) based on the spacing of *Jatropha curcas* plants compared to a control T0 (control without *jatropha*). Morphological and yield parameters of *Jatropha curcas* and maize were assessed respectively. The results obtained show that the *Jatropha*-maize association had no significant effect ($P > 0.05$) on the agro-morphological parameters (growth, development and yield) of *Jatropha curcas* regardless of the treatment. On the other hand, a significant effect ($P < 0.05$) of the *Jatropha*-maize association was observed on plant biomass and maize yield, particularly with treatment T2. In conclusion, this experiment demonstrates that it is possible to harmoniously integrate regular row spacing (intercropping) in *Jatropha curcas* plantations during the juvenile period of the trees provided that the main crop (*Jatropha curcas*) is at a spacing of 3*2 m.

KEYWORDS: Perennial plant, food crop, cropping association, density, spacing, agro morphology.

RESUME: Pour apprécier l'influence de la culture de *Jatropha curcas* sur le rendement du maïs en association culturale, une étude a été réalisée sur la ferme d'application de l'Ecole Régionale d'Agriculture du Sud de Bingerville de 2015 à 2016. L'étude visait à déterminer la densité de plantation de *Jatropha* adéquate pour améliorer le rendement du maïs dans une association culturale. L'expérimentation a consisté à mettre en place un dispositif en blocs complets randomisés de trois répétitions, comportant trois traitements T1 (2*2 m); T2 (3*2m) et T3 (4*2 m) basés sur les écartements des pieds de *Jatropha curcas* comparés à un témoin T0 (témoin sans *jatropha*). Les paramètres morphologiques et de rendement du *Jatropha curcas* et du maïs ont été respectivement évalués. Les résultats obtenus révèlent que l'association *Jatropha*-Maïs n'a eu aucun effet significatif ($P > 0,05$) sur les paramètres agro morphologiques (croissance, développement et rendement) du *Jatropha curcas* quel que soit le traitement. En revanche, un effet significatif ($P < 0,05$) de l'association *Jatropha*-Maïs a été observé sur la biomasse végétale et le rendement du maïs notamment avec le traitement T2. En conclusion, cette expérience démontre qu'il est possible d'intégrer harmonieusement des interlignes régulières (cultures intercalaires) dans les plantations de *Jatropha curcas* pendant la période juvénile des arbres à condition que la culture principale (*Jatropha curcas*) soit à un écartement de 3*2 m.

MOTS-CLEFS: Plante pérenne, plante vivrière, association culturale, densité, écartement, agro morphologie.

1 INTRODUCTION

Jatropha curcas (Euphorbiacées) est une plante rencontrée depuis longtemps dans l'environnement rural africain. Elle est souvent plantée pour servir d'enclos ou de haies à cause de sa facilité de régénération par bouture [1].

Le regain d'intérêt pour la culture de *Jatropha curcas* est lié aux atouts que la plante recèle en termes de production de biocarburant [2] et qui constitue une mesure d'adaptation ou d'atténuation aux effets de changement climatique. Beaucoup d'initiatives ont vu le jour car l'utilisation de biocarburant attire de plus en plus l'attention des nombreux gouvernements et des partenaires au développement [3]. Toutefois, la demande croissante de terre devient problématique en particulier lorsqu'elle entraîne la conversion de cultures destinées à l'alimentation, par exemple à la culture du maïs, et du soja au profit de la production de biocarburants, ou la conversion de cultures vivrières à la production de biodiesel [4]. L'utilisation de *Jatropha curcas* pour la production du biocarburant apparaît ainsi comme un handicap majeur à la satisfaction de l'autosuffisance alimentaire, en particulier dans les régions d'Afrique sub-Saharienne. En effet, les espaces consacrés à la culture du *Jatropha curcas* constituent un manque à gagner pour l'agriculture traditionnelle, ce qui pourrait freiner son adoption [5]. Pourtant, les promoteurs agro-industriels soutiennent que les plantes à biocarburant contribuent à améliorer l'agriculture alimentaire [6]. Ils mettent en avant les complémentarités positives de l'association entre *Jatropha curcas* et cultures vivrières sur les rendements agronomiques sans qu'elle n'ait fait l'objet d'expérimentation et d'évaluation scientifique. Selon [7], le *Jatropha curcas* peut permettre de verdir et de restaurer les sols grâce à ses feuilles et aux graines perdues. De plus, la culture de cette plante n'entre pas en concurrence directe avec la production agro-alimentaire. Sa culture permet de protéger les sols de l'érosion et de retenir l'eau [8]. Elle présente également l'avantage de n'exiger peu d'entretien. Par ailleurs, [9] rapporte une augmentation de rendement en maïs grain de 89,23 % dans une association de culture jatropha-maïs.

Au-delà des controverses générales autour de la culture du jatropha et, plus généralement, des Bio-carburants, des connaissances scientifiques multidisciplinaires sont nécessaires afin d'éclairer les décideurs sur les stratégies de culture à retenir afin d'éviter les impacts négatifs sur l'agriculture et la sécurité alimentaire des populations. Ainsi, pour contourner cette difficulté, les services de vulgarisation agricole conseillent une association entre *Jatropha curcas* et les cultures vivrières.

L'objectif de cette étude est de proposer une densité de plantation de *Jatropha curcas* adéquat pour un rendement optimal du maïs dans une association culturale.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MILIEU D'ÉTUDE

Les essais se sont déroulés à la ferme d'application et de production de l'Ecole Régionale d'Agriculture du Sud de Bingerville située à 3 km d'Abidjan (Côte d'Ivoire). La commune est caractérisée par un climat sub-équatorial, chaud et humide, connue sous l'appellation locale de climat attiéen. Quatre saisons sont réparties dans cette zone dont deux saisons sèches (une grande, novembre-février et une petite, juillet-août) et deux saisons pluvieuses (mars-juin pour la grande saison et septembre-octobre pour la petite saison). Le régime pluviométrique est donc bimodal et les précipitations annuelles atteignent 2000 mm pour une température moyenne de 27,4°C. Le paysage est principalement dominé par des formations végétales. Le paysage est principalement dominé par la végétation de forêt avec quelques étendues savanicoles. La commune de Bingerville abrite des sols ferrallitiques et hydromorphes.

2.2 MATÉRIEL VÉGÉTAL

Le matériel biologique est composé de semence du maïs (*Zea mays* L.) et des plants de jatropha (*Jatropha curcas*).

Le maïs utilisé est une variété hybride (EV8728SR) fournie par l'Office National de Développement de la Riziculture (ONDR). Cette variété a des grains de couleur jaune. Elle est pluviale, tardive (105 jours) et résistante à la striure et à la sécheresse (Figure 1A).

Les plants de *Jatropha curcas* sont issus de boutures âgées de cinq mois, bien enracinés, ayant une taille comprise entre 0,5 et 0,6 m fournis par le centre Nationale de recherche agronomique (CNRA) de Côte d'Ivoire (Figure 1B).

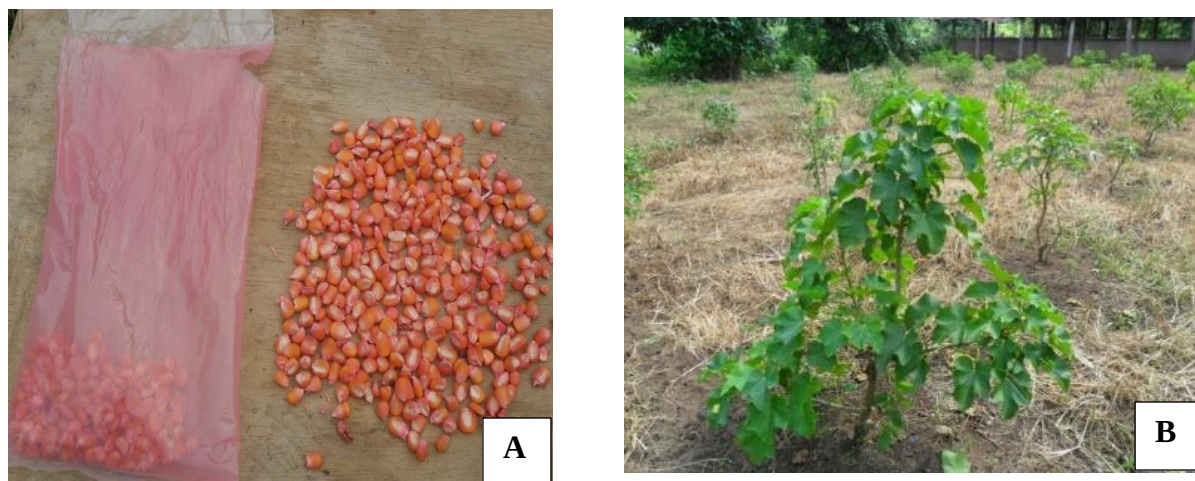


Fig. 1. Matériel végétal : (A) Semence de maïs et (B) Plant de *Jatropha curcas*

2.3 MÉTHODES

2.3.1 MISE EN PLACE DES ESSAIS

Les essais ont été réalisés sur l'une des parcelles expérimentales de l'école de formation agricole de Bingerville. Deux mois avant le planting du *Jatropha curcas*, une jachère de trois cents soixante mètres carrés (360 m²) a été défrichée à la machette et débarrassés de ses débris végétaux après les avoir dessouchés et brûlés. Un piquetage a été fait pour la délimitation des micro-parcelles disposées en blocs complets randomisés de trois répétitions. Dans chaque répétition, sont distribuées quatre (04) micro-parcelles de 4 m² (2 m*2 m), de 6 m² (3 m*2 m) et de 8 m² (4 m*2 m) associant les pieds de *Jatropha curcas* au maïs dans les traitements respectifs T1, T2 et T3 comparés à un témoin T0 de 6 m² (3 m*2 m) en culture pure de maïs (Tableau 1). Une allée de 2 m est maintenue entre les micro-parcelles dans une répétition et une autre de 2 m entre les différentes répétitions. Les micro-parcelles sont délimitées par des piquets de bois de 1 m de longueur comportant des bandeaux de différentes couleurs permettant d'identifier les parcelles unitaires. Les emplacements des plants de *Jatropha curcas* et de maïs ont été matérialisés en plus par des piquets de petites tailles (50 cm).

Des trous de 40 cm de profondeur et de 30 cm de diamètre ont été creusés à l'emplacement des petits piquets matérialisant les plants de *Jatropha curcas*. Un apport de fumure (bouse de vache) a été effectué dans les trous une semaine avant le planting de *Jatropha curcas* en vue de contribuer au bon développement des plants. Le maïs a été semé entre les lignes de plantation de *Jatropha curcas* dans un écartement régulier de 0,8 m*0,5 m. Deux jours avant le semis, nous avons procédé à l'incorporation de Furadan 5 G dans les trous pour lutter contre les nématodes du sol. Ainsi, chaque traitement correspond à une densité de plantation de *Jatropha curcas* (2500 plant.ha⁻¹) - maïs (25000 plant.ha⁻¹) pour le T1, (1666 plant.ha⁻¹ - 25000 plant.ha⁻¹) pour le T2 et (1250 plant.ha⁻¹ - 25000 plant.ha⁻¹) pour le T3. Le traitement T0 en culture pure de maïs a aussi une densité de 25000 plant.ha⁻¹.

2.3.2 ENTRETIENS CULTURAUX

Pendant la phase de croissance et de développement des plantes, deux désherbages manuels sont intervenus avec un espacement d'un mois. Une application de NPK 10-18-18 à la dose de 200 kg.ha⁻¹ deux semaines après le semis du maïs et d'Urée (46 %) à la dose de 100 kg.ha⁻¹ un mois après le semis de maïs a été apportée aux plants. Pour conserver l'humidité autour des jeunes plants et éviter leur destruction par les animaux, une opération de paillage autour de ces plants de maïs a été effectuée après leur levée. Un traitement insecticide a été réalisé soixante jours après le planting du *Jatropha curcas* avec le Décis 12 EC à la dose de 80 ml d'insecticide pour un pulvérisateur de 15 l d'eau.

Tableau 1. Modalité de piquetage des plants

Types d'association	Ecartement entre plants de Jatropha (m)	Densité des plantation du Jatropha (plant.ha ⁻¹)	Distance Jatropha 1 ^{ère} ligne de maïs (cm)	Nombre de ligne de maïs intercalaire
T0	0*0	0*0	0	3
T1	2*2	2500	60	2
T2	3*2	1666	70	3
T3	4*2	1250	80	4

2.4 EVALUATION DES PARAMÈTRES AGROMORPHOLOGIQUES

2.4.1 JATROPHA CURCAS

Deux paramètres de croissance ont été mesurés sur tous les plants de *Jatropha curcas*. Ces paramètres ont concerné la hauteur des plants (toise) et l'envergure du feuillage des plants (diamètre). Les mesures ont été prises à l'aide d'un ruban mètre. La hauteur des plants a été mesurée à partir du niveau du collet de la plante jusqu'à l'apex. L'envergure qui constitue la superficie occupée par la densité de feuillage a été mesurée à partir de la branche la plus large de gauche jusqu'à celle de la droite.

Au niveau des paramètres de production, la masse de 1000 graines a été évalué après décorticage des noix matures par simple pesée à l'aide d'une balance électronique de précision. Le rendement a été calculé en considérant le poids total des grains récoltés par traitement suivi de l'extrapolation à l'hectare. Tous les paramètres agro morphologiques ont été évalués cinq mois après planting.

2.4.2 MAÏS

Les observations ont concerné les paramètres de croissance et de production. Pour ce qui concerne la croissance en hauteur des plants, les mesures ont été prises à l'aide d'un mètre ruban depuis le collet jusqu'au bout de la tige principale. Le diamètre au collet a été mesuré à 2 cm au-dessus du sol à l'aide d'un pied à coulisse. Le nombre de feuilles vivantes a été déterminé par comptage par plant. La surface foliaire (la feuille qui soutient l'épis) a été calculée à l'aide de la formule [10].

$$SF = L \times l \times 0,75 \quad (1)$$

Avec : SF: Surface Foliaire; L: longueur de la feuille; l: largeur de la feuille.

Tous ces paramètres de croissance ont été évalués à 60 jours après semis. S'agissant de la production, les relevés ont porté sur le délai de floraison, la longueur des épis, la masse de 1000 graines, le rendement en grain et la matière sèche. La date du délai de floraison a été notée lorsque 50 % des épis femelles ont présenté des soies hors des spathes. Après la récolte les spathes ont été enlevées au niveau du maïs. La longueur des épis a été mesurée à l'aide d'un ruban mètre. Les graines ont été obtenues par égrainage des épis après séchage. La masse de matière sèche de 1000 graines a été déterminées à l'aide d'une balance électronique. Le rendement en fruit a été calculé en considérant le poids total des fruits récoltés et séché (une semaine au soleil puis transféré à l'étuve à 105 °C pendant 24 heures pour obtenir un poids sec constant) par traitement suivi de l'extrapolation à l'hectare.

2.5 ANALYSE STATISTIQUE DES DONNÉES

Les données collectées ont été soumises à des tests statistiques à l'aide du logiciel Statistica 7.1. Une analyse de variance (ANOVA) a permis d'évaluer les effets l'association culturelle jatropha-maïs sur les paramètres agromorphologiques des plants. L'hypothèse d'égalité des moyennes a été évaluée au risque de $\alpha = 5\%$. En cas de rejet de cette dernière hypothèse, le test de comparaison multiple de Newman-Keuls (au seuil de $\alpha = 5\%$) a permis de classer les moyennes en groupes homogènes. Une Analyse en Composantes Principales (ACP) a servi à sélectionner les différentes associations de culture (jatropha-maïs) pour lesquelles les plants de maïs ont eu les meilleures caractéristiques agromorphologiques.

3 RESULTATS

3.1 EFFET DE L'ASSOCIATION CULTURALE SUR LES PARAMÈTRES AGROMORPHOLOGIQUES DU JATROPHA

Les paramètres agro-morphologiques du *Jatropha curcas* évalués en association avec le maïs sont présentés dans le tableau 2. On note qu'aucune différence significative n'est statistiquement observée ($P > 0,05$) entre les traitements en ce qui concerne la hauteur des plantes, le poids de 1000 grains ainsi que le rendement en fruit. Cependant, les moyennes du diamètre au collet affichent des valeurs statistiquement significatives ($P < 0,05$) entre les traitements. Plus spécifiquement, le traitement T3 (181,90 cm) s'est distingué par la plus grande envergure des plantes comparativement aux traitements T1 (151,87 cm) et T2 (137,10 cm) qui ont affiché des valeurs faibles et statistiquement identiques.

Tableau 2. Valeurs moyennes des paramètres agro morphologiques du *Jatropha curcas*

Traitements	Hauteur (cm)	Diamètre (cm)	Poids 1000 grains (g)	Rendement (t.ha ⁻¹)
T1	178,27 ± 10,07 a	151,87 ± 8,84 b	652,22 ± 3,53 a	1,83 ± 0,03 a
T2	167,37 ± 4,90 a	137,10 ± 9,00 b	659,67 ± 5,60 a	1,92 ± 0,05 a
T3	207,25 ± 17,39 a	181,90 ± 7,08 a	665,66 ± 3,53 a	1,86 ± 0,04 a
Moy Gle	184,29	156,95	659,22	1,87
CV (%)	13,72	14,91	1,32	4,12
P > F	0,24	0,03	0,25	0,43

Moy Gle: Moyenne générale P: Probabilité de F

CV: Coefficient de variation correspondant à la dernière erreur résiduelle

Dans la même ligne, les moyennes suivies de la même lettre sont significativement identiques au seuil de 5% (test de Newman-Keuls)

3.2 EFFET DE L'ASSOCIATION CULTURALE SUR LES PARAMÈTRES AGROMORPHOLOGIQUES DU MAÏS

3.2.1 HAUTEUR DES PLANTS DU MAÏS

Il ressort de l'analyse de la variance que la hauteur des plants de maïs a été influencée par les différents fertilisants. En effet, l'analyse statistique révèle une différence significative ($p < 0,05$) entre les valeurs moyennes de la hauteur des plants en fonction des traitements. Les traitements T1, T2 et T3 ont induit les meilleures hauteurs avec respectivement 1,78; 1,72 et 1,48 cm. Les plants de maïs non associés (T0) ont produit la plus faible hauteur avec une moyenne de 1,08 cm (Tableau 3).

3.2.2 DIAMÈTRE AU COLLET DES PLANTS DU MAÏS

Il y a eu une différence significative ($P < 0,05$) entre les traitements pour le diamètre des plants de maïs. Selon leurs effets sur le diamètre au collet des plants, les traitements ont été classés en trois groupes homogènes. Le premier groupe est représenté par les traitements T1 et T2 qui ont produit les meilleures croissances diamétrales avec une valeur respective de 1,70 et 1,73 cm. Le deuxième groupe est formé par le traitement T3 avec un diamètre moyen de 1,43 cm. Le plus faible diamètre a été induit par le traitement T0 (témoin) qui constitue le troisième groupe avec un diamètre moyen de 1,17 cm (Tableau 3).

3.2.3 NOMBRE DE FEUILLES VIVANTES

Le nombre de feuilles a varié significativement en fonction des types d'association. Les traitements ont été séparés en trois groupes homogènes selon le nombre de feuille vivante. Le premier groupe formé par les traitements T1 et T2 a eu les meilleures valeurs respectivement de 13,33 et 13,00 unités, suivi du deuxième groupe constitué par le traitement T3 avec 12 feuilles en moyenne. Le traitement témoin (T0) a constitué le dernier groupe qui a émis le plus faible nombre de feuille (10 unités) (Tableau 3).

3.2.4 SURFACE FOLIAIRE

La surface foliaire a été statistiquement différente ($P < 0,05$) selon les traitements. Les plants de maïs issus d'association (T1, T2 et T3) ont affiché des valeurs moyennes les plus élevées et statistiquement similaires. La plus faible surface foliaire a été consécutive au traitement témoin (Tableau 3).

Tableau 3. Valeurs moyennes des paramètres de croissance du maïs

Traitements	Hauteur (m)	Diamètre (cm)	Nombre feuille	Surface foliaire (cm ²)
T0	1,08 ± 0,15 b	1,17 ± 0,15 b	10,00 ± 0,58 b	240,00 ± 4,04 b
T1	1,78 ± 0,14 a	1,70 ± 0,10 a	13,33 ± 0,33 a	298,67 ± 16,04 a
T2	1,72 ± 0,11 a	1,73 ± 0,09 a	13,00 ± 0,58 a	307,00 ± 7,55 a
T3	1,48 ± 0,02 a	1,43 ± 0,18 ab	12,00 ± 0,58 ab	281,00 ± 10,78 a
Moy Gle	1,52	1,51	12,08	281,67
CV (%)	21,85	20,00	12,90	11,06
P > F	0,02	0,04	0,03	0,01

Moy Gle: Moyenne générale P: Probabilité de F

CV: Coefficient de variation correspondant à la dernière erreur résiduelle

Dans la même ligne, les moyennes suivies de la même lettre sont significativement identiques au seuil de 5% (test de Newman-Keuls)

3.2.5 DÉLAI DE FLORAISON DU MAÏS

L'analyse statistique montre que les valeurs moyennes enregistrées chez les plants des traitements issus d'association (T1, T2 et T3) ne diffèrent pas significativement ($P > 0,05$) de celles du témoin T0. Ainsi, les densités de plantation de jatropha n'ont pas influencé significativement la date de floraison des plants de maïs par conséquent la durée du cycle du maïs ne varie pas quel que soit le type d'association (Tableau 4).

3.2.6 LONGUEUR DES ÉPIS DU MAÏS

Les traitements appliqués ont influé significativement ($P < 0,05$) sur la longueur des épis de maïs. Les traitements T1, T2 et T3 se sont distingués par l'induction des plus grandes longueurs d'épis avec un résultat respectivement de 17,37; 17,63 et 15,40 cm comparativement au traitement (témoin) qui a enregistré la plus faible longueur des épis (12,53 cm) (Tableau 4).

3.2.7 MASSE DE 1000 GRAINES DE MAÏS

Les traitements ont été séparés en trois groupes homogènes selon la masse de 1000 graines. Le premier groupe formé par le traitement T2 a produit les meilleures masses (406,60 g). Le traitement T1 a composé le deuxième groupe avec une valeur intermédiaire (353,30 g). Les traitements T3 et T0 ont constitué le dernier groupe avec les plus faibles masses de graines des épis (253,3 et 230 g respectivement) (Tableau 4).

3.2.8 RENDEMENT DU MAÏS

Le rendement du maïs a varié significativement ($P < 0,05$) en fonction des associations. Le meilleur rendement a découlé du traitement T2 avec une valeur de 1,58 t.ha⁻¹. Le traitement T1 a produit un rendement intermédiaire avec 1,41 t.ha⁻¹. Les traitements T3 et T0 ont été à l'origine des plus faibles rendements avec respectivement 0,99 et 0,95 t.ha⁻¹ (Tableau 4).

Tableau 4. Paramètre de rendement du maïs

Traitements	Délai floraison	Longueur épis (cm)	Masse 1000 graines (g)	Rendement (t.ha ⁻¹)
T0	70,67 ± 5,17 a	12,53 ± 0,81 b	230,00 ± 11,55 c	0,95 ± 0,02 b
T1	76,00 ± 2,08 a	17,37 ± 0,47 a	353,30 ± 14,53 b	1,41 ± 0,14 ab
T2	73,00 ± 5,00 a	17,63 ± 0,37 a	406,60 ± 23,33 a	1,58 ± 0,11 a
T3	67,67 ± 1,45 a	15,40 ± 0,70 a	253,30 ± 14,53 c	0,99 ± 0,10 b
Moy Gle	71,83	15,73	310,83	1,23
CV (%)	9,08	14,68	25,49	26,01
P > F	0,52	0,007	0,00	0,02

Moy Gle: Moyenne générale P: Probabilité de F

CV: Coefficient de variation correspondant à la dernière erreur résiduelle

Dans la même ligne, les moyennes suivies de la même lettre sont significativement identiques au seuil de 5% (test de Newman-Keuls)

3.3 CHOIX DES FUMURES PERFORMANTES SUR LA BASE DES PARAMÈTRES AGROMORPHOLOGIQUES

Une Analyse en Composantes Principales a permis de cribler les traitements (association) étudiés sur la base des paramètres de croissance et de production des plants de maïs (Figure 2). Les axes 1 et 2 ont caractérisé les traitements évalués au niveau des paramètres agromorphologiques. Ces axes ont contribué pour 86,80 % à la variation observée. Les paramètres de croissance (hauteur, diamètre et nombre de feuilles vivantes des plants) et de production (délai de floraison, longueur des épis, poids de 1000 graines et rendement) ont été fortement et positivement corrélés à l'axe 1. Ainsi, l'axe 1 a permis de répartir les traitements en deux groupes homogènes. Les traitements T1 et T2, caractérisés par de meilleures croissances végétales et de production, constituent le premier groupe. Les traitements T0 (témoin) et T3 ont formé la dernière communauté avec les plus faibles performances agromorphologiques.

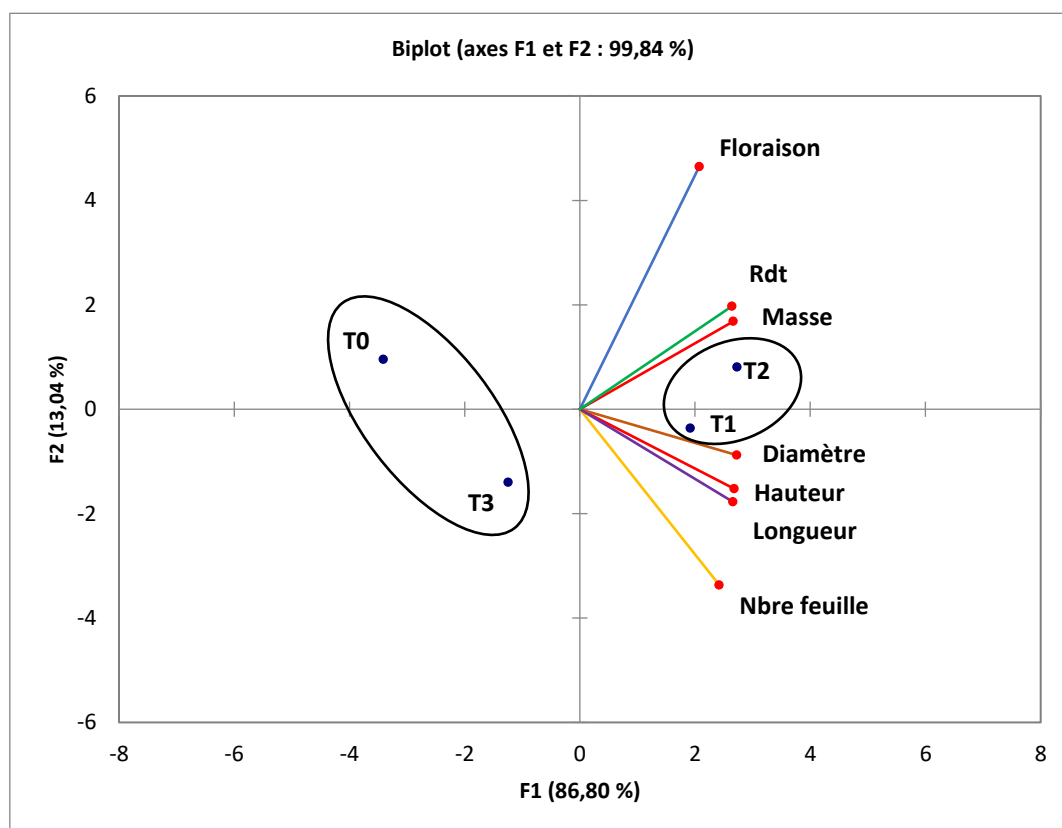


Fig. 2. Répartition des traitements en fonction des paramètres agromorphologiques du maïs selon l'axe 1 et 2 d'une Analyse en Composantes Principales

3.4 PARTITION DES TRAITEMENTS SELON LES PARAMÈTRES AGROMORPHOLOGIQUES DU MAÏS

La partition des traitements en fonction des performances de croissance et de rendement par la classification hiérarchique (dendrogramme) a permis d'isoler deux groupes. La première classe est constituée par les traitements T1 et T2 qui ont induit les meilleures performances. Les traitements T0 et T3 ont formé le dernier groupe avec les plus faibles paramètres agromorphologiques (Figure 3).

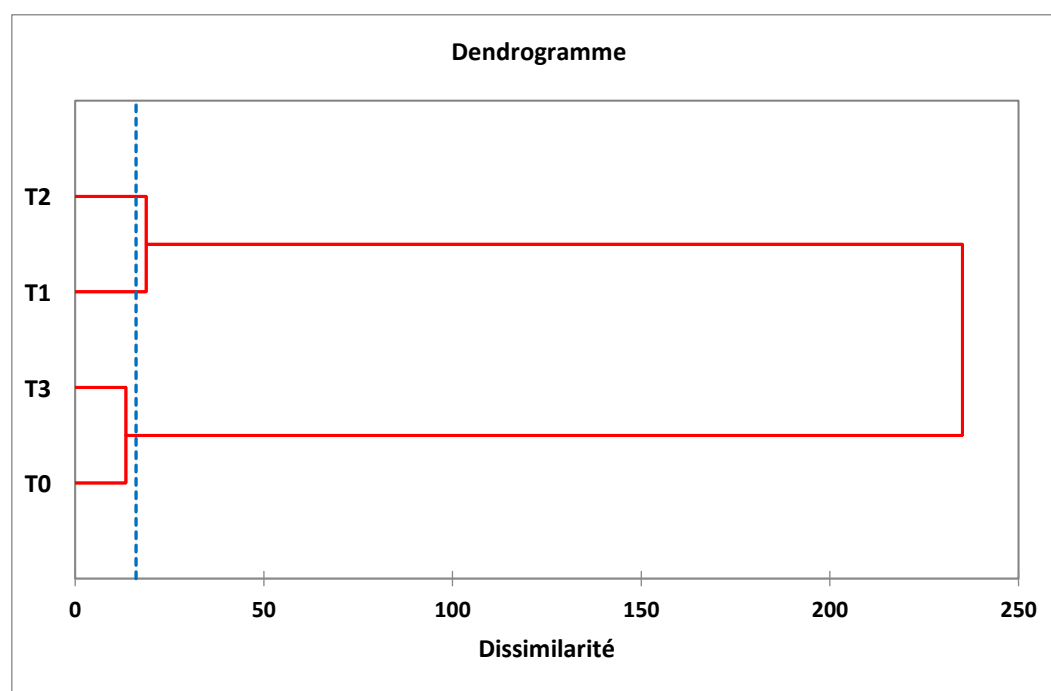


Fig. 3. Partition des traitements selon le rendement du maïs

4 DISCUSSION

4.1 EFFET DE L'ASSOCIATION CULTURALE SUR LE DÉVELOPPEMENT DU *JATROPHA CURCAS*

De l'analyse de l'impact des associations culturales sur les paramètres agromorphologiques des plants de *Jatropha curcas*, il ressort que le diamètre du feuillage le plus élevé a été enregistré dans le traitement T3 ($181,90 \pm 3,30$ cm). Ainsi, le traitement T3 à grand écartement de *Jatropha curcas* (4×2 m) semble avoir un plus grand nombre de branches secondaires. Par contre, les diamètres les plus faibles ont été obtenus dans les traitements T1 ($151,87 \pm 8,84$) et T2 ($137,10 \pm 9,00$). On en déduit que l'association culturale a eu un effet négatif sur le diamètre du feuillage. Cette diminution de diamètre serait due à la densité de plantation de *Jatropha curcas* plus élevée au niveau de ces deux traitements T1 ($2500 \text{ plant.ha}^{-1}$) et T2 ($1666 \text{ plant.ha}^{-1}$). Les faibles diamètres de feuillage desdits traitements seraient la conséquence d'une concurrence entre les plants de *Jatropha curcas* et ceux de maïs associé, aussi bien dans l'occupation de l'espace que dans l'utilisation des éléments nutritifs du sol. En ce qui concerne la hauteur des plants, la masse des graines de fruits et le rendement de *Jatropha curcas*, notre expérience a montré qu'il n'y a pas de différence significative entre les systèmes d'association (2×2 m; 3×2 m; 4×2 m). Ces résultats attestent que l'interaction entre le *Jatropha curcas* avec le maïs n'est pas préjudiciable pour le *Jatropha curcas* en ce qui concerne la taille et le rendement des graines dans les deux premières années de culture. D'après [11], *Jatropha curcas* se comporte bien avec les cultures vivrières. Les travaux de [12] ont montré que la rentabilité de l'association de *Jatropha curcas* avec les cultures vivrières (maïs et haricot commun) sur un sol pauvre en République Démocratique de Congo, était meilleure que celle de la culture pure de *Jatropha curcas*. Pour cette présente étude, l'interaction entre les plantes cultivées en intercalaire n'est pas préjudiciable pour le *Jatropha curcas* car le maïs en association est une culture à cycle court et ne développe pas un système racinaire et un ombrage nécessaire pour concurrencer le *Jatropha curcas*.

4.2 EFFET DE L'ASSOCIATION CULTURALE SUR LES PARAMÈTRES AGROMORPHOLOGIQUES DU MAÏS

Il est observé une différence significative relativement aux paramètres de croissance (hauteur, diamètre, nombre de feuille) et de production du maïs (masse de 1000 graines et rendement), en fonction de trois types d'espacements du *Jatropha curcas* adopté T1 (2*2 m), T2 (3*2 m) et T3 (4*2 m) avec le témoin non associé T0. De façon générale, les plants de maïs issu du système maïs -*Jatropha curcas* croît plus vite que les plants en culture pure. Cependant, les trois densités de plantation de *Jatropha* T1 (2500 plant.ha⁻¹), T2 (1666 plant.ha⁻¹) et T3 (1250 plant.ha⁻¹) mis en expérimentation ont induit statistiquement les mêmes paramètres de croissance. Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait qu'après une année de culture, les plants de *Jatropha curcas* n'ont pas encore développé une extension importante du système racinaire et d'ombrage important pour occasionner une compétition entre les deux espèces en présence. La différence significative observée entre la croissance des plants de maïs des cultures associées (T1, T2 et T3) et de la culture pure (T0) pourrait s'expliquer par le niveau de la fertilité du sol. En effet, pour [13] et [14], le développement de la biomasse aérienne d'une culture est d'autant plus important que le sol est lui-même riche en éléments fertilisants. En outre, notre expérimentation nous a montré une biomasse décomposée avec une forte humidité après une année de culture dans le sol sous houppier de *Jatropha curcas*. Cette présence de la matière organique présage une activité biologique importante dans le sol sous houppier de *Jatropha curcas*. Les travaux de [15] ont montré une activité biologique importante dans le sol sous houppier de *Jatropha curcas*. Ces études ont de même mis en évidence l'existence d'une forte corrélation positive entre la biomasse microbienne et certains éléments chimiques du sol comme le carbone organique et l'azote total. Cette activité biologique entraînerait, selon [16], une remontée des éléments fins vers les horizons de surface et expliquerait la présence des argiles sous le houppier de *Jatropha curcas*. Les études de [17] ont montré que les sols cultivés avec les cultures annuelles ont des teneurs en carbone plus faibles que les sols cultivés avec des plantes pérennes du fait de la biomasse racinaire qui est plus élevée chez les plantes pérennes. Dans l'association maïs - *Jatropha curcas*, la matière organique en se décomposant, serait une source de nutriments pour les plants de maïs. Nos résultats sont similaires à ceux de [18], qui ont montré que la matière organique, en se dégradant, libère les éléments minéraux essentiels pour la nutrition de la plante. Selon [19], l'enfouissement dans le sol des feuilles de *Jatropha curcas* permet d'améliorer les propriétés chimiques du sol et la croissance des plants. La minéralisation de la litière de *Jatropha curcas* aurait contribué à améliorer la teneur du sol en azote et en phosphore, favorisant ainsi la croissance des plants de maïs. Ces résultats sont en accord avec ceux de [20] qui stipulent que le taux de matière organique issu de *Jatropha curcas* a un effet positif sur la croissance des plants de maïs. En outre, l'amélioration du statut hydrique du sol pourrait aussi expliquer cette performance des plants du maïs, car selon Topan (2015), les arbres ont la capacité d'humidifier les horizons superficiels par leurs racines. Ce résultat corrobore celui de Bazongo (2011), qui a montré que le *Jatropha curcas* avait un effet favorable sur la croissance des plants. Les résultats obtenus par Tapsoba (2011) ont également montré que le *Jatropha curcas* peut même être cultivé en association avec plusieurs cultures alimentaires, sans compétition. Les travaux de [21] ont confirmé que la culture du *Jatropha curcas* n'entraîne pas de compétition avec les cultures vivrières annuelles. Nos travaux ont également montré une augmentation de la surface foliaire du maïs avec l'association par rapport à la culture pure. Ce système d'association semble imposer une compétition entre le maïs et le *Jatropha* pour la lumière. Cette compétition amène le maïs à accroître sa surface foliaire pour une meilleure interception du rayonnement solaire. Ces résultats corroborent ceux obtenus par [22], qui ont montré que les associations culturales permettent un bon développement végétatif par rapport à la culture pure. Relativement aux paramètres de production, l'association du maïs avec le *Jatropha curcas* présente une variabilité de rendement en fonction du système de culture d'une part (culture pure-culture associée) et des densités de plantation d'autre part. Le rendement du maïs est donc influencé par l'association avec le *Jatropha curcas*. En outre, les haies de *Jatropha curcas* dans les traitements T1 (2*2 m) et surtout T2 (3*2 m) ont eu des effets améliorants sur le poids des grains de maïs. Le poids total des grains de maïs associé au *Jatropha curcas* est supérieur à celui provenant de la culture pure (T0) et du traitement à grand écartement T3 (4*2 m). Nos résultats pourraient s'expliquer par la différence de fertilité des sols dans les deux systèmes de culture. L'amélioration de la teneur du sol en phosphore, provenant de la composition de la matière organique de la biomasse du *Jatropha curcas*, pourrait contribuer à la formation des épis des plants de maïs et à accélérer leurs mises en grain [23]. Ces résultats sont en accord avec ceux de [24] qui stipulent que les rendements grains de sorgho sont plus élevés dans le système sorgho-*Jatropha curcas* par rapport à ceux d'une parcelle de sorgho en culture pure. [9] en comparant les rendements du maïs en culture pure à ceux du maïs obtenu dans l'association maïs-*Jatropha curcas*, a abouti au même résultat avec de meilleurs rendements avec l'association maïs-*Jatropha curcas*. Les faibles valeurs des composantes du rendement dans le système en culture pure de maïs seraient dues à la croissance lente et au faible développement de l'appareil végétatif des plants. Dans la présente étude, certains plants issus du traitement témoin (T0) et du traitement à grand écartement (4*2 m) n'ont pas atteint le stade

d'épiaison et certains ont flétris sous l'effet des poches de sécheresse. Le fait que certains plants de maïs ne puissent pas boucler leur cycle végétatif dans les parcelles de sorgho en culture pure à cause des poches de sécheresse a été rapporté par [25]. L'amélioration des rendements du maïs dans le système maïs-Jatropha pourrait provenir de la matière organique qui, à travers sa minéralisation et son importance dans la dynamique de l'azote a une influence directe sur la nutrition de la plante et sur les propriétés chimiques du sol [26]. La matière organique améliore également la capacité de rétention en eau du sol. Ce facteur améliore la production de matière sèche qui se traduit par des plantes de bonnes vigueur résistant mieux aux aléas climatiques avec pour conséquence de meilleurs rendements [27]. L'action positive du *Jatropha curcas* sur le rendement du sorgho a été aussi citée par [15].

5 CONCLUSION

Les modalités d'insertion du *Jatropha curcas* dans les systèmes de culture constituent une des premières connaissances stratégiques pour la culture rentable de cette plante. En effet, les choix culturaux (culture pure ou associée) comme les différents techniques culturales (écartement des plants) semblent avoir des incidences très fortes sur les cultures intercalaires. Afin de rendre compte de la place réellement accordée au *Jatropha curcas* et des éventuelles concurrences avec les cultures vivrières dans les exploitations familiales et dans les terroirs villageois, nos travaux ont mis en évidence l'influence des haies de *Jatropha curcas* sur les paramètres agromorphologiques du maïs. Les résultats de ces travaux ont montré que l'association jatropha-maïs n'est pas préjudiciable pour la croissance et la production du *Jatropha curcas*. Cependant, le *Jatropha curcas* a contribué à améliorer la production de biomasse et le rendement du maïs qui lui est associé. Les différents systèmes d'associations sont qualifiés d'avantageuses par rapport à la culture pure du maïs. En fonction des trois écartements utilisés, il est observé une différence significative par rapport à la hauteur, au diamètre, au poids des grains et le rendement du maïs. Ainsi, le meilleur système d'association du maïs est celui de l'écartement 3*2 m avec une densité de 1666 plant.ha⁻¹. Cela s'explique par une utilisation efficiente des ressources du milieu dans cette associations que dans les cultures pures.

REFERENCES

- [1] K. Reinhard et T. Ramorafeno, Le manuel jatropha pour Madagascar. 20p, 2005.
- [2] A. E. Assogbadjo, G. Amadji, R. Glèlè Kakaï, A. Mama, B. Sinsin, P. Van Damme, Evaluation écologique et ethnobotanique de *Jatropha curcas* L. au Bénin. International Journal of Biological and Chemical Sciences. 3 (5), 1065-1077, 2009.
- [3] B.D. Datinon, A. I. Glitho, M. Tamo and. K. Amevoin, Perception of Farmers on Seed Production Constraints of *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) ". Asian Journal of Applied Sciences, 6, 99-106, 2013.
- [4] FAO, La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture. Biocarburants: perspectives, risques et opportunités. 156 p, 2008.
- [5] B. Dorin, V. Gitz, Ecobilans de biocarburants: une revue des controverses et des enjeux agronomiques mondiaux. Projet d'article formaté pour la revue Natures Sciences Sociétés: 337-347, 2007.
- [6] P. Tapsoba, Agroénergie Développement. Communication du 11 novembre 2009.
- [7] Sahel Quotidien, Biocarburant: L'expérience du "Jatropha" gagne du terrain au Burkina Faso, 3p, 2008.
- [8] ARP, Dynamique de production du *Jatropha* au Burkina Faso: analyse de la rentabilité agricole et de la structuration des acteurs. FFEMIAFD/adecia, Communication, Dakar 6 novembre, 2013.
- [9] A. R. Tapsoba, Réponses physiologiques des plantes vivrières cultivées sous plantation de *Jatropha curcas* L. cas du Maïs (*Zea mays* L.) dans la commune de Boni en Zone Soudano-Sahélienne. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural en Agronomie, Institut du Développement Rural / Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 37 p, 2011.
- [10] R. Bonhomme, F. Ruget, M. Derieux et P. Viocourt, Relations entre production de matière sèche et énergie interceptée chez différents génotypes de maïs. Comptes Rendus des seances de l'Académie des Sciences, Paris. Série III 294: 393-398, 1982.
- [11] M. Domergue and R. Pirot, Rapport de synthèse bibliographique, Cirad, 118 p, 2008.
- [12] M. J. D, Minengu, Etude des possibilités de culture de *Jatropha curcas* L. dans la région de Kinshasa (République Démocratique du Congo). Thèse de Doctorat, Université de Liège – Gembloux Agro-Bio Tech (Belgique), 178 p, 2014.
- [13] M. J. D, Minengu, Etude des possibilités de culture de *Jatropha curcas* L. dans la région de Kinshasa (République Démocratique du Congo). Thèse de Doctorat, Université de Liège – Gembloux Agro-Bio Tech (Belgique), 178 p, 2014.
- [14] M. Traoré, H. B. Nacro, R. Tabo, A. Nikiéma, H. Ousmane, Potential for agronomical enhancement of millet yield via *Jatropha curcas* oilcake fertilizer amendment using placed application technique. International Journal of Biological and Chemical Sciences 6 (2): 808-819, 2012.
- [15] B. Yélémou, G. Yaméogo, A. Barro, S. J. Taonda, V. Hien, La production de sorgho dans un parc à *Piliostigma reticulatum* en zone nord soudanienne du Burkina Faso. TROPICULTURA. 31 (3): 154-162, 2013b.

- [16] P. Bazongo, Introduction du *Jatropha curcas* L. dans les exploitations agricoles de la zone ouest du Burkina Faso: état des lieux et effet de la plante sur les propriétés des sols et des cultures associées. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies en Science du Sol. Institut du Développement Rural/ Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, 49 p, 2011.
- [17] S. Traoré, J. P. Millogo, L. Thiombiano, S. Guinko, Carbon and nitrogen enhancement in Cambisols and Vertisols by *Acacia* spp. in eastern Burkina Faso: relation to soil respiration and microbial biomass. *Applied Soil Ecology*, 35: 660-669, 2007.
- [18] T. Dieye, Diversité génétique, structure et activité des communautés microbiennes des sols sous l'influence de *Jatropha curcas* L., évaluation de son stockage du carbone dans les sols. Thèse de Doctorat, Université Cheick Anta Diop de Dakar, Sénégal. 128 p, 2016.
- [19] X. Gnoumou, T. G. Yaméogo, M. Traoré, G. Bazongo, P. Bazongo, Adaptation aux changements climatiques en Afrique sub-saharienne: impact du zaï et des semences améliorées sur le rendement du sorgho dans les villages de Loaga et Sika (province du Bam), Burkina Faso. *International Journal of Innovation and Applied Studies*. 19 (1): 166-174, 2017.
- [20] M. Sene, Faisabilité de traitement des eaux usées domestiques par filtres de plantes d'espèces utilitaires: *Jatropha curcas* L. au Burkina Faso. Mémoire de fin d'études, Institut de l'Ingénierie et de l'Eau (2IE). 55 p, 2009.
- [21] S. Soulama, Influence du *Jatropha curcas* dans la séquestration du carbone et essai de compostage. Mémoire de Diplôme d'Etudes Supérieures Spécialisées. Unité de Formation et de Recherche en Sciences de la Vie et de la Terre / Université de Ouagadougou 1 (Professeur Joseph KI-ZERBO), Burkina Faso. 56 p, 2008.
- [22] M. K. Singh, N. Ghoshal, Impact and land use change on soil organic carbon content in dry tropics. *Plant Arch.* 11: 903-906, 2011.
- [23] K. Coulibaly, E. Vall, P. Autfray et P. M. Sedogo, Performance technico-économique des associations maïs-niébé et maïs-mucuna en situation réelle de culture au Burkina Faso: potentiels et contraintes. *Tropicultura*. 30 (3): 147-154, 2012 a.
- [24] S. Kaboré, Influence des haies de *Jatropha* sur le rendement du sorgho (*Sorghum vulgare*) dans deux zones pédoclimatiques du Burkina Faso. Mémoire d'Ingénieur Agronome. Institut des Sciences de l'Environnement et du Développement Rural. Centre Universitaire Polytechnique de Dédougou, Burkina Faso. 71 p, 2014.
- [25] S. Topan, Influence des haies de *Jatropha* sur la productivité du sorgho (*Sorghum bicolor*) en zone sud-soudanienne du Burkina Faso. Mémoire d'Ingénieur d'Agriculture. Centre Agricole Polyvalent de Matourkou, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 42 p, 2015.
- [26] J.T. Yaméogo, A. N. Somé, A. Mette Lykke, M. Hien, H. B. Nacro, Restauration des potentialités de sols dégradés à l'aide du zaï et des cordons pierreux à l'Ouest du Burkina Faso, *TROPICULTURA*. 31 (4): 224-230, 2013.
- [27] T. G. Yaméogo, Réhabilitation d'écosystème forestier dégradé en zone Soudanienne du Burkina Faso: impacts des dispositifs CES/DRS. Thèse de Doctorat Unique en Développement Rural, Science du Sol, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. 160 p, 2012.
- [28] S. Kantiono, Effet de techniques de CES sur les composantes du rendement du sorgho et les propriétés chimiques du sol à l'Ouest du Burkina Faso. Mémoire d'Ingénieur. Institut du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso. Burkina Faso. 69 p, 2010.

Influence de la stratégie communicationnelle sur l'adoption des méthodes contraceptives modernes par l'Eglise des Assemblées de Dieu en zone péri-urbaine d'Abomey-Calavi (Bénin)

[Influence of the communication strategy on the adoption of modern contraceptive methods by the Church of the Assemblies of God in the peri-urban area of Abomey-Calavi (Benin)]

Rodrigue Sèdjrofidé Montcho¹, M'Bouaré Frédéric Kombieni², and Judith Dognon Alofan³

¹Département de Géographie et d'Aménagement du Territoire, FLASH, Université de Parakou, Bénin

²Département de Sociologie-Anthropologie, FLASH, Université de Parakou, Bénin

³Département de Sociologie-Anthropologie, FLASH, Université d'Abomey-Calavi, Bénin

Copyright © 2021 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: A behavior change initiative with respect to contraceptive and family planning methods flourished in a religious context of the Church of the Assemblies of God in the Municipality of Abomey-Calavi in the Republic of Benin. What mechanisms can explain such efficiency in this religious context which is initially very reluctant or even hostile to such action ? The objective of this research is to analyze the influence of the communication strategy used which facilitated the adoption by Calavi DA devotees of modern methods of contraception. Through a mixed approach, 142 units were taken, targeted by reasoned choice sampling techniques and whose data were collected by sampling, interview and participant observation techniques.

It can be noted that the influence of the communication strategy used by the DAs for the adoption by Calavi devotees of modern family planning methods was facilitated by two factors. It is about the choice of the appropriate messages and channels having reversed the determinants of failing behaviors internal to the Church of the DA and the social relations of influence established within the Church facilitated by the internal organization within the Church. Church. It is therefore the communicational flow of multilevel influence was developed from social relations within the Church of the Assemblies of God in the Municipality of Abomey-Calavi with as main actor religious leaders at various levels in a double vertical and horizontal perspective.

KEYWORDS: Influence, communication strategy, contraception, church, religious leaders.

RESUME: Une initiative de changement de comportement par rapport aux méthodes contraceptives et de planification familiale a prospéré dans un contexte religieux de l'Eglise des Assemblées de Dieu dans la Commune d'Abomey-Calavi en République du Bénin. Quels mécanismes peuvent expliquer une telle efficacité dans ce contexte religieux au départ très réticente voire hostile à une action du genre ? L'objectif de cette recherche est d'analyser l'influence de la stratégie de communication utilisée ayant facilité l'adoption par les fidèles des AD de Calavi des méthodes modernes de contraception. A travers une approche mixte, 142 unités ont été pris ciblées par le biais des techniques d'échantillonnage à choix raisonné et dont les données ont été collectées par les techniques d'échantillonnage, d'entretien et d'observation participante.

On peut retenir que l'influence de la stratégie de communication utilisée par les AD pour l'adoption par les fidèles de Calavi des méthodes modernes de planification familiale a été facilitée par deux facteurs. Il s'agit du choix des messages et canaux

appropriés ayant renversé les déterminants de comportements défaillants internes à l'Eglise des AD et les relations sociales d'influence établies au sein de l'Eglise facilitées par l'organisation interne au sein de l'Eglise. C'est donc le flux communicationnel d'influence multiniveaux a été développé à partir des rapports sociaux au sein de l'Eglise des Assemblées de Dieu dans la Commune d'Abomey-Calavi avec comme acteur principal les leaders religieux à divers niveaux dans une double perspective verticale et horizontale.

MOTS-CLEFS: Influence, stratégie de communication, contraception, église, leaders religieux.

1 INTRODUCTION

Les barrières culturelles et religieuses sont citées parmi les principaux freins à l'adoption des méthodes contraceptives et de la Planification Familiale au Bénin en particulier. Pour infléchir cette situation et améliorer la demande de services Reproductives et de la Planification Familiale, il est mis en œuvre le Plan d'actions national budgétisé pour le repositionnement de la PF 2014-2018 au Bénin. Pour atteindre les résultats, il a fallu mobiliser des ressources spéciales parmi lesquelles figure l'implication constructive des leaders religieux dans la sensibilisation sur la Planification Familiale (Ministère de la Santé, 2013). C'est ainsi que le projet « Les Religieux s'Engagent » de l'Association Béninoise pour le Marketing Social et la communication pour la santé (ABMS) a permis d'améliorer l'offre des services de planification familiale aux populations en prenant comme relais les leaders religieux et par là surmonter les barrières religieuses. Ces résultats contrastent avec les résultats d'une étude réalisée sur les facteurs de la contraception au Bénin par Attanasso et al (2005) et qui a révélé que « en général, dans leur ensemble, les religions (surtout les religions chrétiennes) condamnent toute forme non naturelle de pratique contraceptive ». Dans la même logique, selon Shukuru (2010), les croyances socioculturelle et religieuse limitent l'utilisation des méthodes modernes de planification familiale par les femmes chrétiennes. Ainsi, plus de la moitié des femmes ayant des informations sur les méthodes de planification familiale disent ne pas utiliser les méthodes contraceptives pour des raisons socioculturelles notamment à 47,7 %, elles considèrent que c'est un péché et, à 5,3 %, elles considèrent que c'est un tabou. La non utilisation des méthodes modernes de planification familiale est l'apanage des religions chrétiennes qui parfois considèrent la planification familiale comme un péché. Cette assertion est souvent soutenue par les versets 9 et 10 du livre de Genèse au chapitre 38 qui a mentionné le décès d'Onan, fils de Juda, pour avoir versé le sperme à terre pratiquant ainsi le coït interrompu qui est une méthode traditionnelle de planification familiale. Au démarrage de ce sous-projet, le risque important identifié a été la réticence des leaders et fidèles de l'Eglise à l'adoption des méthodes modernes de planification familiale. Comment alors expliquer que dans le contexte du sous-projet EEAD/PF, les réticences ont fait face à une acceptation de ces acteurs religieux des méthodes de la planification familiale ? Qu'est-ce qui a pu influencer tous les leaders et fidèles très réfractaires au début de ce sous-projet d'opter pour certaines méthodes modernes de planification familiale à la fin de ce sous-projet ?

On peut constater que plusieurs ressources communicationnelles ont été mobilisées dans le cadre de ce projet avant d'atteindre les objectifs visés. Selon Kourilsky (2004), communiquer c'est intervenir pour changer l'état de la situation d'autrui, sa construction de la réalité, pour susciter des comportements différents. Mais par quels mécanismes, la stratégie de communication est ici implémentée pour une telle efficacité ? S'intéressant aux rapports entre les modes et les canaux de communication et les phénomènes d'influence, Lazarsfeld parvient à montrer en collaboration avec Katz, que l'impact des médias en termes d'influence sociale est relativement faible. De même, les interactions au sein d'une strate sociale apparaissent plus déterminantes que l'influence sociale verticale, sur les opinions ou sur les manières de consommer. Aussi, certains leaders propres à un champ social exercent une influence sur les autres personnes appartenant à ce champ pour des changements de comportement significatif. (Lazarsfeld et al, 1955). Il importe alors d'appréhender la portée des leaders religieux dans l'implémentation de la stratégie de communication face à ce changement de comportement des fidèles. L'objectif de cette recherche est d'analyser l'influence de la stratégie de communication utilisée ayant facilité l'adoption par les fidèles des AD de Calavi des méthodes modernes de contraception. Spécifiquement il s'agit d'apprécier l'efficacité de la stratégie de communication mise en œuvre dans le cadre de l'adoption par les fidèles de l'AD des méthodes modernes de planification familiale et de déterminer l'influence des leaders religieux dans les stratégies d'adoption par les fidèles de l'AD des méthodes modernes de planification familiale. Pour atteindre ces objectifs, la démarche méthodologique utilisée est présentée suivi des résultats qui sont analysés et discutés.

2 MÉTHODES

La présente recherche est mixte combinant approches quantitative et qualitative. Le modèle théorique utilisé est le fruit de l'association de la théorie de flux communicationnel en deux temps de Lazarsfeld et al (1955), la théorie de constructivisme

social de Berger et al (1966) et la théorie du comportement planifié d'Ajzen et al (1991). Les groupes ciblés dans le cadre de cette recherche sont les membres de l'équipe de gestion du projet, les leaders d'opinion au sein de l'église des AD à divers niveaux, les fidèles des églises locales des AD bénéficiaires du sous projet dans la commune d'Abomey-Calavi.

Pour l'enquête qualitative, quarante-six (46) personnes ressources ont été contactés par le biais d'un guide d'entretien. La taille de l'échantillon est retenue après avoir atteint le seuil de saturation. Il est à préciser que la technique d'observation participante a été utilisée parce que l'un des membres de l'équipe de recherche faisait partie de l'équipe de coordination du projet et en même temps membre de l'équipe des Assemblées de Dieu. Quant à l'enquête quantitative, l'unité statistique est le fidèle. La commune d'Abomey-Calavi est composée de deux sections selon le découpage de l'église des AD: la section d'Abomey-Calavi 1 et la section d'Abomey-Calavi 2. Sur les vingt-sept (27) églises locales que comptent les deux (02) sections d'Abomey-Calavi, dix (10) ont bénéficié directement des actions du sous-projet EEAD PF. Chaque Eglise est composée en moyenne de soixante (60) fidèles concernés par la planification familiale ce qui fait un total de six cent (600) fidèles concernés dans la commune. La taille de l'échantillon N_i est tirée selon la formule suivante:

$$N_i = N \times Z^2 \times P \times (1-P) / [(Z^2 \times P \times (1-P)) + (N \times E^2)]^1$$

L'application de cette formule nous permet d'avoir $N_i = 81$ fidèles. La taille de l'échantillon a été estimée de façon conséquente et s'établit à au moins 81 fidèles. Cinq (05) églises locales bénéficiaires directes ont été choisies au hasard par tirage et ont permis de questionner quatre-vingt-onze (91) fidèles. Les activités ayant touché principalement les femmes de l'association des servantes de Christ au sein des Eglises locales, elles ont été les privilégiées par les interviews; celles qui ont adopté les méthodes modernes de contraception ont été choisies avec leur époux si ces derniers sont au sein de l'Eglise. Quelques fidèles hommes ont été également questionnés. Le choix raisonné a donc permis de sélectionner les fidèles au sein de chaque Eglise locale sur la base du leadership et de l'influence de chaque fidèle.

Tableau 1. Répartition de tous les enquêtés

Groupes Sexes	Equipe de gestion du projet	Leaders d'opinion au sein de l'Eglise	Fidèles des Eglises locales bénéficiaires	Total
Masculin	2	19	27	48
Féminin	3	27	64	94
Total	5	46	91	142
Techniques de collecte	Entretien	Entretien	Questionnaire	

Source: Enquête de terrain, 2017

Un total de cent quarante-deux (142) personnes dont quatre-vingt-quatorze (94) femmes ont été touchées autour des entretiens et des questionnaires d'enquête.

Pour l'enquête quantitative, l'ensemble croisé de l'effectif dans chaque Eglise selon la tranche d'âge et le sexe touché par le questionnaire. Parmi les quatre-vingt-onze (91) fidèles enquêtés dans cinq (5) églises locales de la commune d'Abomey-Calavi, quatre-vingt-trois (83) sont dans la classe active des tranches d'âge de 18 à 50 ans. Huit (08) ont plus de cinquante (50) ans. Les données quantitatives ont fait objet dans un premier temps d'un dépouillement et de saisie aux moyens de logiciels de traitement de données appropriés. En effet, les données ont été saisies dans le logiciel EPI-info (version 10), les analyses statistiques (tableaux de fréquences, graphiques, caractéristiques descriptives des variables etc.) ont été faite sous SPSS et exportées vers Excel. En ce qui concerne les informations qualitatives, il a été question de réaliser un recoupement des différents points de vue issus des entretiens et observation et des données recueillies dans l'exploitation des documents du sous-projet. Leur confrontation avec les informations quantitatives a renforcé les analyses.

¹ N : l'effectif de la population cible = 600, Z : le niveau de confiance = 95% ≈ 1,96, P : la proportion type estimée = 20% soit 0,20, E : la tolérance maximale d'erreur = 5% soit 0,05.

3 RÉSULTATS

3.1 LA STRATÉGIE DE COMMUNICATION AUTOUR DE L'OPÉRATIONNALISATION DES ACTIVITÉS

L'objectif de ce sous-projet est d'améliorer la perception des méthodes modernes de planification familiale auprès de Responsables Nationaux et des membres de l'Eglise Assemblée de Dieu du Bénin. Pour atteindre ce but, deux objectifs spécifiques ont été définis. Il s'agit de promouvoir les méthodes modernes d'espacement des naissances au sein de l'EEAD Bénin et d'impliquer les leaders religieux dans la promotion des méthodes modernes d'espacement des naissances. Au total, Vingt-sept (27) églises ont été les bénéficiaires directs de ce sous-projet sur les soixante-deux (62) églises locales que comptent les deux départements de l'Atlantique et du Littoral. Dans le but de corriger les trois facteurs de base qui caractérisent la situation de départ au sein de l'Eglise, la stratégie de communication d'influence a été retenue pour la mise en œuvre du sous-projet EEAD-PF. La stratégie d'influence a pour but de faire changer l'opinion ou le comportement de l'autre. L'Eglise a retenu comme but l'amélioration de la perception des méthodes modernes de planification familiale des Responsables Nationaux et des fidèles membres de l'EEAD Bénin. Des canaux et messages appropriés ont été retenus et développés pour la mise en œuvre de ce sous-projet. L'accent a été mis sur les ressources d'influence comme les plaidoyers au profit des responsables, des intellectuels membres, les témoignages ouverts des cadres, des pasteurs et leaders à travers les télévisions et autres médias nationaux. Les messages ont tourné essentiellement autour de la santé sexuelle et reproductive, de l'intérêt du Planning familial et des méthodes modernes d'espacement de naissance, de la santé sexuelle et reproductive à la lumière de la Parole de Dieu, des leaders religieux comme débiteurs d'obligation dans la jouissance des droits sexuels des fidèles de l'Eglise, de la planification familiale et Parole de Dieu et du consensus du Conseil National de l'EEAD autour des méthodes modernes de la planification familiale.

3.2 LES CHANGEMENTS INDUITS PAR LA STRATÉGIE

Les données recueillies permettent de vérifier l'atteinte des objectifs à savoir: l'amélioration de la perception des méthodes modernes de planification familiale auprès de Responsables Nationaux et des membres de l'EEAD Bénin, la promotion des méthodes modernes d'espacement des naissances au sein de l'EEAD Bénin et l'implication des leaders religieux dans la promotion des méthodes modernes d'espacement des naissances ont été examinées. En effet, sur 91 fidèles enquêtés selon le choix raisonné, 63 fidèles soit 69,2% ont adopté une méthode de contraception dont 38 fidèles soit 41,8% dans la période du sous-projet entre 2014 et 2016. 27 fidèles soit 29,7% n'ont pas adopté une méthode. Un accent particulier a été mis sur les méthodes modernes de contraception facilitant ainsi leur promotion au sein de l'Eglise. Ainsi, parmi les femmes ayant adopté de méthodes, 95,3% ont adopté une méthode moderne de contraception: 7.8% ont adopté les méthodes naturelles, 32.8% ont adopté les méthodes de barrière et 54.7% les méthodes hormonales.

L'objectif spécifique concernant l'implication des leaders religieux dans la promotion des méthodes modernes d'espacement des naissances a été également atteint. En effet, parmi les fidèles enquêtés ayant suivi des informations sur la contraception, 89,7% ont bénéficié de l'accompagnement direct des leaders religieux à travers: la communication au sein des groupes des femmes de l'église ASC (27.3%), le dialogue avec la paire éducatrice (23.4%) et échanges avec le Pasteur (32.5%) et sensibilisation grand public au sein de l'Eglise (6.5%). Le débat télévisé et le contact avec les dépliants utilisés pour la sensibilisation de masse n'ont pu influencer que 7.2% des personnes informées. Les entretiens individuels ont révélé que les leaders eux-mêmes ont été convaincus de l'importance de la contraception dans la vie du couple, de la réalité de la contraception qui est en ligne droite avec la doctrine de l'Eglise des Assemblées de Dieu grâce aux renforcements de leurs compétences des connaissances. Ils ont déclaré avoir une meilleure compréhension des Saintes Ecritures. Ils se sont ensuite engagés et pleinement impliqués pour faciliter l'adoption des méthodes modernes de contraception aux fidèles de l'Eglise. Le Président National de l'Eglise a témoigné en ces termes: « Le voile de la mal compréhension sur les méthodes modernes de planification familiale a été enlevé. Les leaders religieux sont d'accord aujourd'hui pour que les femmes soient libres de choisir les méthodes modernes de planification familiale. » Révérend Pasteur E. A., Président National de l'EEAD Bénin. On note une meilleure prise de conscience au sein des ménages en ce qui concerne l'importance de l'espacement des naissances pour la santé de la mère, de l'enfant, du père et l'épanouissement économique du foyer. Parmi les fidèles de l'église enquêtés, seulement 7.7% percevait les méthodes modernes de planification familiale comme source d'épanouissement. Mais aujourd'hui, 37.4% des fidèles ont compris et déclarent que les méthodes modernes de planification familiale sont sources d'épanouissement. Aujourd'hui, la perception selon laquelle les méthodes modernes de planification familiale sont des péchés a considérablement diminué au sein de l'Eglise.

3.3 POUR L'EFFICACITÉ DE LA STRATÉGIE, UN FLUX COMMUNICATIONNEL AUTOUR DES LEADERS RELIGIEUX

Le ciblage en fonction de la nature du leader religieux a été déterminant dans la stratégie. C'est une approche verticale qui a été nourrie. Ainsi, les leaders supérieurs convaincus convainquent les leaders qui sont sous eux jusqu'au bas de l'échelle en fonction de la typologie suivante:

- Leaders religieux à divers niveaux:
 - Niveau national: Président National de l'Eglise avec le bureau exécutif et le Conseil National de l'Eglise composés de Révérends Pasteurs élus par l'Eglise,
 - Niveaux régional et sectoriel composés de Pasteurs élus par l'Eglise,
 - Niveau local composé de Pasteurs, des Responsables de l'association des femmes de l'Eglise ASC qui sont membres du Comité de l'Eglise local,
- Fidèles de l'Eglise regroupés en deux catégories:
 - Femmes fidèles appartenant au sous-groupe des femmes de l'Eglise locale, touchées directement par les activités du sous projet
 - Autres fidèles membres de l'Eglise locale.

Les leaders ont joué un rôle clé comme acteur dans l'efficacité de la stratégie. En ressortant les canaux ayant influencé l'adoption des méthodes modernes de planification familiale, 79,2% des fidèles ont identifié les leaders religieux à savoir les Pasteurs et Responsables au sein de l'Eglise dont les responsables des femmes sont comme les canaux les ayant influencé pour l'adoption de méthodes modernes de planification. Cette influence a été possible grâce aux savoirs acquis par les leaders religieux qui leur ont permis de mener des activités de sensibilisation, de conseil, d'accompagnement et des visites à domicile. Les leaders religieux ont été caractérisés par les fidèles comme des responsables crédibles, dignes de foi, sympathiques, convaincants et bons guide d'opinion. Ils ont ainsi joué des rôles d'éclaireurs et d'accompagnement. Un des propos recueilli qui suit confirme les rôles déterminant des leaders religieux: « les leaders religieux impliqués à divers niveaux ont facilité les sensibilisations; car, ce sont des gens très écoutés qui savent facilement bouger les lignes. Révérend Pasteur A. N., Secrétaire Général Adjoint du Bureau Exécutif de l'Eglise Evangélique des Assemblées de Dieu du Bénin. C'est dire que les leaders religieux influencent les pensées et actions de leurs congrégations et communautés. Ils sont des figures d'autorité clé dans leurs communautés, etc. L'Eglise en tant qu'institution de la foi a été une opportunité saisie par le projet pour profiter de la connaissance qu'il a apporté aux leaders d'opinion aux fins de leur changement de comportement par rapport à la planification familiale et à la sexualité pour impacter les fidèles donc, en retour, toute l'Eglise. C'est ce que schématise la figure n°1 à travers son schéma du flux communicationnel.

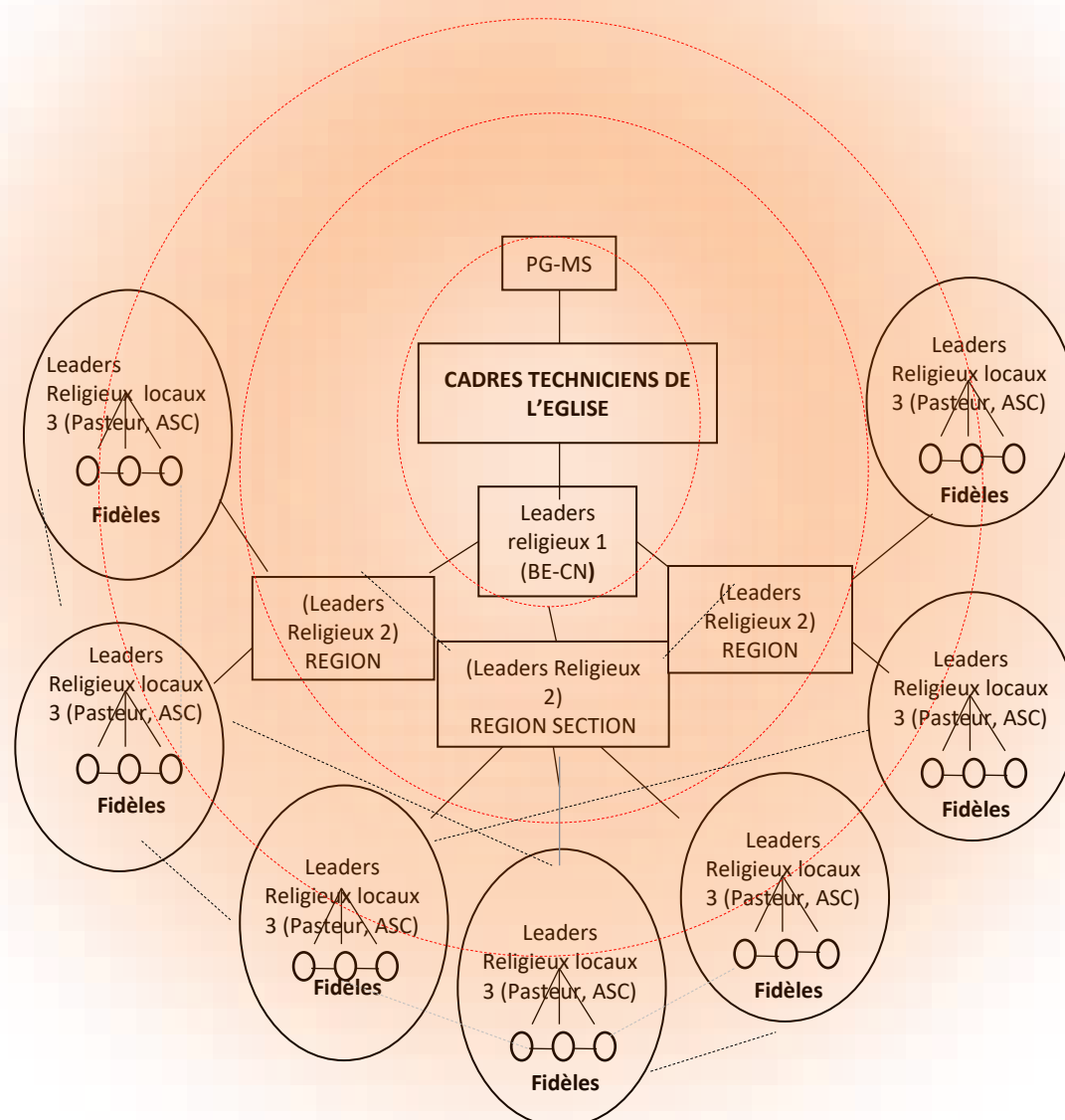


Fig. 1. Modèle de réseau communicationnel d'influence multi-niveaux

Source: Montcho et Dognon, 2017

La figure n°1 présentant le modèle de réseau communicationnel d'influence multi-niveaux, l'influence a été facilitée par la confiance à l'endroit des Cadres Techniques internes et par la force de l'organisation interne du réseau de communication et d'influence personnelle que constitue l'Eglise des Assemblées de Dieu du Bénin. Le premier leader de l'Eglise en tant que Président National possède son réseau grâce à ses connaissances et compétences de persuasion adéquates. Le premier niveau d'influence au sein de l'Eglise a été donc les Cadres Techniques du domaine de la santé sexuelle, fidèles de l'Eglise, identifiés par le Président national de l'Eglise avec son bureau exécutif, pour éclairer le Conseil National. Cette influence va évoluer de façon verticale pour atteindre les Eglises locales en passant par les leaders au niveau de la région et des sections selon le découpage de l'Eglise. C'est ainsi que la construction de la réalité sociale au sein de l'Eglise en ce qui concerne les méthodes modernes de planification familiale va atteindre toutes les Eglises locales sur toute l'étendue du territoire national. Les Eglises locales constituent des sous-groupes du réseau de communication et d'influence personnelle qu'est l'Eglise nationale. Les leaders au sein des Eglises locales sont désormais des éclaireurs pour tous les fidèles. L'influence horizontale au sein de l'Eglise locale est ainsi facilitée par la révélation venant du sommet de l'Eglise.

4 DISCUSSION

Au terme de cette étude, les deux hypothèses sont confirmées. La stratégie de communication mise en œuvre dans le cadre de l'adoption par les fidèles des AD des méthodes modernes de contraception a été efficace. En fondant l'analyse sur le modèle combiné de la théorie du comportement planifié (Ajzen et al, 2007) présentée par (Rutgers, 2009), et de la théorie de construction sociale (Berger, 1966), il ressort que cette efficacité de la stratégie d'influence est due aux changements sociaux induits. Ces changements sociaux ont été le fruit des déterminants internes pertinents issus des constats de départ au sein de l'Eglise. Les besoins réels ont été touchés. Un nouveau construit social autour de la perception des méthodes modernes de planification familiale est né. Les changements sociaux au sein de l'Eglise des Assemblées de Dieu autour de la perception des méthodes modernes de contraception vient confirmer l'assertion de Boudon R, (1982, p71) selon laquelle « certains processus de changement sont endogènes c'est-à-dire déterminés par les causes internes à un système social; d'autres sont exogènes, d'autres sont mixtes ». Ici les déterminants sont internes au réseau social que constitue l'Eglise des Assemblées de Dieu que le projet a rentabilisé. Contrairement à Lazarsfeld et Katz qui considèrent les individus comme des passifs, les fidèles des AD ont été très actifs dans un environnement où rayonnent informations et rumeurs sur les méthodes modernes de planification familiale.

5 CONCLUSION

Les différentes actions planifiées par le gouvernement béninois dans le cadre du repositionnement de la PF au Bénin ont suscité l'engagement des différents acteurs. « Engager les leaders religieux dans la promotion de la planification familiale a été l'un des défis de la Coalition des Organisations de la Société civile pour le repositionnement de la planification familiale au Bénin ». L'Eglise Evangélique des Assemblées de Dieu n'est pas restée en marge de ce mouvement. De 2014 à 2016, elle a œuvré en son propre sein à travers le sous-projet EEAD/PF. Le constat aujourd'hui est la facilité avec laquelle la question des méthodes de planification familiale est abordée au sein de cette Eglise aujourd'hui.

La stratégie de communication mise en œuvre dans le cadre de l'adoption par les fidèles des AD des méthodes modernes de contraception a été efficace. La perception des méthodes modernes de contraception au sein de l'Eglise des AD du Bénin est améliorée. L'Eglise EEAD du Bénin a défini aujourd'hui clairement sa position par rapport à la contraception. Les leaders religieux ont été les canaux sociaux d'influence des fidèles de l'AD dans le processus d'adoption des méthodes modernes de contraception. Le flux communicationnel d'influence multi niveaux a été développé, à partir de ces rapports sociaux au sein de l'Eglise des AD, avec comme acteur principal les leaders religieux. L'efficacité de cette action de communication a été fonction de l'implication humaine et sociale des leaders religieux comme acteur d'influence au sein de cet espace religieux.

REFERENCES

- [1] ABMS (2017), EVALUATION finale du projet les religieux s'engagent Rapport D'ANALYSE, Cotonou, 68p.
- [2] Adoté, E. (2017), La sexualité un don de Dieu, Bénin, 66p.
- [3] AFRIQUE, C. (2006), Monographie de la commune d'Abomey-Calavi, Bénin, 72 p.
- [4] Ajzen, I. (1991), La Théorie du comportement planifié Processus de comportement organisationnel et de décision humaine, 50 [2], 179-211.
- [5] Balle, F. (1999), Médias et société, Paris, Montchrestien.
- [6] Berger, P., Luckmann T. (1966), La Construction sociale de la réalité, Armand Colin.
- [7] BOUDON R., BOURRICAULD F., (1982), Dictionnaire critique de la Sociologie, Paris, PUF.
- [8] Camar, S. (1992), Gens de la parole, essai sur la condition et le rôle des griots dans la société malinké, Paris, Karthala.
- [9] Durkheim, E. (1968): Les règles de la méthode sociologique, Paris, PUF, 67 pages.
- [10] DSME (2014), « Manuel du pair éducateur sur la planification familiale », Cotonou, p34.
- [11] DSME (2013), « Plan d'action national budgétisé pour le repositionnement de la planification familiale 2014-2018 au Bénin », Cotonou, 90p.
- [12] EEAD, (2011), « Plan de Développement Stratégique », abomey-Calvi.
- [13] EEAD, (2017), 49ème Congrès National Rapport d'activités, Dassa-Zounmè, pp27, 32.
- [14] Fréquence Chrétienne (2016), « Leader et leadership: qu'est-ce que c'est vraiment? » Aout 2016.
- [15] Gurvitch G. (1950), La vocation actuelle de la sociologie, Paris, Presses universitaires de France, p-p 59-106.
- [16] INSAE (2015), RGPH4: Que retenir des effectifs des populations en 2013 ?, Cotonou, p14.
- [17] INSAE, (2012), Fécondité et planification familiale, EDSB-IV, Cotonou.
- [18] INSAE (2008), Troisième enquête démographique et de santé au Bénin, Analyse départementale, Cotonou 46 p.
- [19] INSAE (2004), Troisième Recensement Général de la Population et de l'Habitation, Cotonou, pp.11-14.

- [20] Intrahealth (2012), Evaluation rapide de la Planification Familiale au Bénin, p50.
- [21] KAPFERER, J. N. (1996), «les alliances sortent du secret », CB News, N° 418, Janvier, p-p. 8-14.
- [22] Katz E., Lazarsfeld P. F., ([1955] 2005). "Two step flow theory". In Personal Influence. New York, Transaction Publishers.
- [23] KITIHOUN S., Richard (2014), « Planification familiale au Bénin: Pourquoi encore des poches féminines de résistance ? », la presse du jour, 20 juin 2014. <http://www.lapressedujour.net/archives/34424>.
- [24] Lasswell H., 1948, Structure et fonction de la communication dans la société.
- [25] Lazarsfeld P. F., Berelson B., Gaudet H., [1944] 1948, The people's choice: How the voter makes up his mind in a presidential election, New York, Columbia University Press, 2ème édition.
- [26] LORIOU M., (2012), La construction du social, Presse Universitaire de Rennes, Pur-Edition, 13p.
- [27] Maigret E., (2003), Sociologie de la Communication et des Médias, Armand Colin.
- [28] McLuhan M., (1964), Pour comprendre les médias, New York, McGraw-Hill Company, 521P.
- [29] Montcho R. (2011), Dynamiques multiculturelles de la gouvernance locale dans la ville de Cotonou, thèse de doctorat unique, EDP/FLASH/UAC.
- [30] Montcho R. (2017), Cours de Sociologie de la Communication et des nouveaux médias, 3ème année, UP.
- [31] Myers G. (1990), Les bases de la communication humaine: Une approche théorique et pratique, Paris, Mc. Grawhill.
- [32] Orgogozo I. (1988), Les paradoxes de la communication: à l'écoute des différences, Paris, Ed d'organisation.
- [33] Rutgers WPF and al (2009), Etes-vous sur la bonne voie ?, Pays-Bas, p12.
- [34] Schudson M. (1999), Le pouvoir des médias Journalisme et démocratie, Philippines, Nouveaux Horizons, p 222.
- [35] SHUKURU F. (2010), Etude des facteurs limitant l'utilisation des méthodes contraceptives chez les femmes, Mémoire de maîtrise.
- [36] USAID (2012), La planification familiale: l'Afrique de l'ouest francophone en mouvement un appel à l'action, 28p.
- [37] Wiener N. (1950), « Cybernétique et société », <http://fpconference.org/2016/resumes-2/thematiques/faire-progresser-la-planification-familiale-a-travers-les-organisations-religieuses/?lang=fr>.

Qualité microbiologique et physico-chimique du « Tomi » : Une boisson artisanale à base de pulpe de *Tamarindus indica*, vendue à Korhogo (Côte d'Ivoire)

[Microbiological and physicochemical quality of « Tomi » : An artisanal drink made from *Tamarindus indica* pulp, sold in Korhogo (Côte d'Ivoire)]

Yao Konan Mathurin¹, Kambire Ollo¹, Coulibaly Katinan Rémi¹, Diomande Alhassane¹, and Rose Koffi-nevry²

¹Unité de Formation et de Recherche des Sciences Biologiques, Département de Biochimie-Génétique, Université Peleforo Gon Coulibaly, BP 1328, Korhogo, Côte d'Ivoire

²Unité de Formation et de Recherche des Sciences et Technologie des aliments, Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

Copyright © 2021 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This work is part of a food quality control in Korhogo. The food studied is tamarind juice (*Tamarindus indica* L.). Twenty-four samples were taken from two types of vendors in eight districts of Korhogo and analyzed. The physico-chemical and microbiological quality of the juices extracted by the hot voice and by the cold voice was evaluated. The pH of the juices analyzed was acidic ($2.5 \leq \text{pH} \leq 2.7$), the titratable acidity ranged from 384.4 to 841 meq.g/L. As for the sugar level, it was less than or equal to 22°Brix. Statistical tests have shown that the extraction method has no significant influence on the physico-chemical parameters studied. In cold-extracted juices, the load of Aerobic Mesophilic Germs ranged from $9.9.10^2$ to $2.7.10^3$ CFU/mL. Loads of *Escherichia coli* and other coliforms were less than or equal to 9 CFU/mL and 17 CFU/mL, respectively. The number of molds ranged from $1.9.10^2$ to $2.7.10^3$ CFU/mL. The Levurian load oscillated between $2.1.10^4$ and 4.10^4 CFU/mL. For the hot extraction method, the juices were free of *Escherichia coli* and other coliforms. The G.A.M load was less than or equal to $6.7.10^2$ CFU/mL. Yeast and mold loads ranged from $1.5.10^3$ to $6.3.10^3$ CFU/mL and 75 to $2.3.10^2$ CFU/mL, respectively. The method of hot extraction of the pulp significantly reduces the levurian load of juices. In general, the juices had an unsatisfactory physico-chemical and microbiological quality. However, cold-extracted juices were the most contaminated with microorganisms.

KEYWORDS: *Tamarindus indica*, juice, hot extraction, cold extraction, quality, Korhogo.

RESUME: Ce travail s'inscrit dans le cadre d'un contrôle qualité des denrées alimentaires à Korhogo (Côte d'Ivoire). La denrée ayant fait objet d'étude est le jus de tamarin (*Tamarindus indica* L.). Vingt-quatre échantillons ont été prélevés au niveau de 2 types de vendeurs dans 8 quartiers de Korhogo et analysés. La qualité physico-chimique et microbiologique des jus extraits par la voix chaude et par la voix froide a été évaluée. Le pH des jus analysés était acide ($2,5 \leq \text{pH} \leq 2,7$), l'acidité titrable oscillait entre 384,4 et 841 meq.g/L. Quant au taux de sucre, il était inférieur ou égal à 22°Brix. Les tests statistiques ont montré que la méthode d'extraction n'a aucune influence significative sur les paramètres physico-chimiques étudiés. Dans les jus extraits à froid, la charge en Germes Aérobie Mésophile variait entre $9,9.10^2$ et $2,7.10^3$ UFC/mL. Les charges en *Escherichia coli* et autres coliformes étaient inférieures ou égales respectivement à 9 UFC/mL et à 17 UFC/mL. Le nombre de moisissures variait entre $1,9.10^2$ et $2,7.10^3$ UFC/mL. La charge levurienne oscillait quant à elle entre $2,1.10^4$ et 4.10^4 UFC/mL. Pour la méthode d'extraction à chaud, les jus étaient exempts d'*Escherichia coli* et des autres coliformes. La charge en G.A.M était inférieure ou égale à $6,7.10^2$ UFC/mL. Quant aux charges de levures et moisissures, elles variaient respectivement entre $1,5.10^3$ et $6,3.10^3$ UFC/mL et entre 75 et $2,3.10^2$ UFC/mL. La méthode d'extraction à chaud de la pulpe réduit significativement la charge

levurienne des jus. De façon générale, les jus avaient une qualité physico-chimique et microbiologique insatisfaisante. Cependant, les jus extraits à froid étaient les plus contaminés par les microorganismes.

MOTS-CLEFS: *Tamarindus indica*, jus, extraction à chaud, extraction à froid, qualité, Korhogo.

1 INTRODUCTION

De l'arabe « *tamar hendi* » qui signifie datte de l'Inde, le tamarin (*Tamarindus indica*) est l'une des essences fruitières largement utilisée dans l'alimentation humaine sous différentes formes. Cette espèce fruitière de la famille des Ceasalpinaceae a de multiples usages, car chaque partie de l'arbre peut générer une valeur ajoutée [1]. En raison de son importance alimentaire et de ses nombreux usages en pharmacopée traditionnelle africaine, le tamarinier trouve de nombreuses applications alimentaires, médicinales, cosmétiques et industrielles. Cependant, le fruit reste la partie la plus utilisée de l'arbre, aussi bien traditionnellement qu'industriellement. Le fruit est traditionnellement peu consommé à l'état frais, mais plutôt comme condiment, sous forme de bonbon acidulé pimenté ou sous forme de boisson [2]. Riche en sucres réducteurs, la pulpe du fruit de tamarin renferme une quantité importante d'acides organiques, de protéines, de glucides, de vitamine (C, B, PP) et de sels minéraux [2]. Hormis son importance nutritionnelle, le tamarin a des effets thérapeutiques, antioxydant, antibactériens et antifongiques [3]. En effet, l'extrait de la pulpe du fruit de tamarin a une phytochimie riche et très variée, dont la présence des alcaloïdes, des pectines, des tanins, etc. [4], [5]. Ces groupes chimiques doués de propriétés pharmacologiques, antibactériennes et antifongiques peuvent être bénéfiques pour l'homme dans le traitement ou la prévention de certaines pathologies [3], [4], [6]. La transformation industrielle et artisanale du fruit de tamarin en jus est très répandue. Le plus souvent en Afrique, la pulpe de tamarin est utilisée pour la confection de boissons, que ce soit sous forme d'infusions ou de jus comme l'eau de tamarin. Cette boisson est généralement composée d'eau, de pulpe et de sucre. L'adjonction du sucre au jus permet de neutraliser son acidité [2]. Les boissons artisanales en général présentent divers avantages pour les consommateurs: elles sont moins onéreuses, plus accessibles, et prêtes à la consommation [7]. Par ailleurs, les produits alimentaires peuvent être le siège de diverses altérations. Ces altérations sont souvent le fait de micro-organismes, de modifications physico-chimiques ou biochimiques, d'enzymes ou de substances microbiennes. Elles peuvent survenir pendant la production, le stockage et la distribution des aliments. Ces altérations se traduisent non seulement par la dégradation de la qualité organoleptique, mais aussi par des risques pour la santé des consommateurs [8]. De ce fait, la qualité microbiologique des aliments constitue la base essentielle permettant de veiller à la sécurité des consommateurs. Dans un contexte « assurance-qualité », les bonnes pratiques d'hygiène constituent des facteurs clés pour l'obtention de boisson de bonne qualité [7]. Ainsi, la qualité microbiologique des jus de la pulpe de tamarin reste à vérifier, vu les conditions locales de transformation et les conditions de vente des fruits dans les marchés locaux. En effet, la forte teneur en eau, les matériels de production et les multiples manipulations des mains dont l'hygiène est souvent douteuse, rendent les jus artisanaux sensibles aux actions des agents physico-chimiques et biologiques de dégradation. En outre, la qualité microbiologique tient compte, en plus des conditions d'hygiène de production, de la qualité des matières premières utilisées [8], [9]. L'altération microbiologique mène à une détérioration de la qualité organoleptique qui paraît typiquement comme un mauvais goût, une mauvaise odeur et un changement d'aspect visuel dans le produit [10].

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'un contrôle de la qualité des denrées alimentaires à Korhogo (Côte d'Ivoire). Le contrôle microbiologique permet d'appréhender la qualité des produits et de savoir si ces derniers ne sont pas dangereux pour la santé des consommateurs. Ainsi, afin d'atteindre l'objectif de contribuer à préserver la santé du consommateur, cette étude a été menée sur la qualité microbiologique et physico-chimique d'une boisson artisanale à base de pulpe de tamarin (Tomi), vendue à Korhogo (Côte d'Ivoire). Plus spécifiquement, il a été question d'une part, de déterminer quelques paramètres physico-chimiques tels que le pH, l'acidité titrable et la teneur en sucre des jus de tamarin extraits à chaud et à froid et vendus sur les marchés de la ville de Korhogo et d'autre part, de rechercher et dénombrer les germes aérobies mésophiles, les levures et moisissures, les coliformes totaux et *Escherichia coli* dans chacun des deux catégories de jus.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATERIEL

Le matériel biologique est constitué de jus de tamarin (*Tamarindus indica*) extrait à chaud et à froid.

2.2 METHODES

2.2.1 ECHANTILLONNAGE DES JUS

L'échantillonnage des jus a été réalisé pendant la période d'Août à Septembre 2020 dans la ville de Korhogo. Pour ce faire, huit (08) vendeuses de jus de tamarin dont quatre (04) vendeuses utilisant la méthode à froid et quatre (04) autres vendeuses utilisant la méthode à chaud ont été ciblées. Trois cycles d'échantillonnage sur trois semaines successives ont été réalisés, de sorte qu'au cours d'un cycle d'échantillonnage, chacune des vendeuses soit visitée (soit 08 échantillons par semaine). Au total, 24 échantillons de jus de tamarin conditionnés dans des bidons de 300 mL ont été prélevés (achetés) et analysés. L'échantillonnage pour chaque cycle a été réalisé en début de semaine (lundi et mardi avec 04 échantillons/jour) afin de recueillir tous les résultats du cycle en fin de semaine. Les échantillons de jus réfrigéré ont été mis dans une glacière contenant des carboglaces et leur transport a été effectué le même jour de prélèvement. Les paramètres physico-chimiques et la qualité hygiénique des jus d'un cycle sont déterminés avant le lancement d'un autre cycle d'échantillonnage.

2.2.2 DETERMINATION DE QUELQUES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES DES JUS DE TAMARIN

2.2.2.1 DETERMINATION DU PH DES JUS

Le pH ou potentiel hydrogène est un indice caractérisant l'acidité ou la basicité d'un milieu ou d'une solution. Il tient une place importante dans le processus de transformation des fruits et légumes [9]. La détermination du pH des échantillons permet donc de quantifier la concentration en ions H^+ du jus, lui conférant son caractère acide ou basique. Le pH des jus a été déterminé suivant les méthodes officielles standards de [11]. En effet, le pH des jus a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre (HANNA INSTRUMENTS, Belgique) dans un volume de 50 mL de jus de tamarin, après une homogénéisation (par agitation) du jus dans son contenant.

2.2.2.2 DETERMINATION DE L'ACIDITE TITRABLE DES JUS

L'acidité titrable est la somme des acides minéraux et organiques libres. Elle a été déterminée selon les principes établis par l'Association Française de Normalisation [12]. Avant de titrer les jus, une dilution de facteur 50 ($Fd=50$) a été réalisée. La titrimétrie de 10 mL de la dilution d'un échantillon de jus de tamarin a été réalisée en utilisant une solution de soude à 0,1 N en présence de la phénolphthaléine (0,1 mol/L) comme indicateur. La solution de NaOH est versée à l'aide d'une burette dans l'échantillon prélevé jusqu'à l'obtention d'une coloration rose persistante pendant 30 secondes. Le volume de NaOH versé est lu sur la burette. La valeur de l'acidité titrable (AT) exprimée en milliéquivalent de gramme par litre de produit est déterminée par la formule suivante:

$$AT \text{ (meq.g/L)} = \frac{V_{NaOH} \times N_{NaOH} \times 1000}{V_{ech}} \times Fd$$

- V_{NaOH} : volume de NaOH versé;
- V_{ech} : volume d'échantillon prélevé (10 mL);
- N_{NaOH} : Normalité de la soude (0,1 N).
- Fd : Facteur de dilution (50)

2.2.2.3 DETERMINATION DE L'EXTRAIT SEC SOLUBLE DES JUS

L'échelle de Brix sert à mesurer en degrés Brix ($^{\circ}B$) le pourcentage de matière sèche soluble dans un liquide, c'est-à-dire le pourcentage de sucre. Plus le $^{\circ}B$ est élevé, plus le liquide est sucré. L'appareil utilisé pour la mesure de la teneur en sucre ($^{\circ}B$) est un réfractomètre [13]. Ainsi, le degré Brix des jus de tamarin a été mesuré avec un réfractomètre manuel. Après ouverture du volet d'éclairage, quelques gouttes d'échantillon sont déposées sur le prisme de référence. Le volet d'éclairage est refermé et l'appareil est dirigé vers la lumière. A travers l'oculaire, la lecture de la graduation correspondant à la ligne de séparation entre la plage claire et la plage obscure est effectuée.

2.2.3 ANALYSES MICROBIOLOGIQUES DES ECHANTILLONS DE JUS DE TAMARIN

2.2.3.1 RECHERCHE ET DENOMBREMENT DES GERMES AEROBIES MESOPHILES (GAM)

Les G.A.M. (Germs Aérobie Mésophile) ont été dénombrés selon la norme NF ISO 4833. Le milieu utilisé a été le PCA (Plate Count Agar) et la technique d'ensemencement fut celle dans la masse. En effet, 1 mL de la solution mère (100) ou de ses dilutions décimales (10^{-1} ; 10^{-2} ; 10^{-3}) a été introduit dans une boîte de Pétri stérile. Ensuite, dans chaque boîte de Pétri contenant déjà l'inoculum, environ 10 à 12 mL de milieu PCA maintenu en surfusion dans un bain-marie à 45°C y ont été versés. L'inoculum et le milieu ont été homogénéisés et le tout a été laissé sur la paillasse pour que la gélose prenne masse. Deux boîtes de Pétri par dilution ont été ensemencées. Les boîtes retournées ont été incubées à la température de 30°C pendant 24 à 72 h à l'étuve (MEMMERT UN IN 55). Après la période d'incubation, seules les boîtes de Pétri de deux dilutions successives comptant entre 30 et 300 colonies ont été retenues.

2.2.3.2 RECHERCHE ET DENOMBREMENT D'ESCHERICHIA COLI ET DES COLIFORMES TOTAUX

Le milieu RAPID'E.coli 2 (REC2) est un milieu chromogénique sélectif certifié par NF ISO 16649-2 pour le dénombrement d'*E. coli* et les autres coliformes. La technique d'ensemencement utilisée fut celle dans la masse. L'ensemencement s'est fait par introduction de 1 mL de la solution mère (100) ou de ses dilutions décimales (10^{-1} ; 10^{-2} ; 10^{-3}) dans des boîtes de Pétri stériles. Environ 12 mL de la gélose en surfusion à 45°C y ont été coulés. Deux boîtes de Pétri par dilution ont été ensemencées. L'incubation a été faite à 37°C pendant 24 h à l'étuve (MEMMERT IN 55). Pour le dénombrement, les boîtes contenant entre 15 et 150 colonies ont été retenues. Les coliformes forment des colonies bleues à vertes, tandis qu'*E. coli* forme des colonies violettes à roses sur milieu RAPID'E.coli 2.

2.2.3.3 RECHERCHE ET DENOMBREMENT DES LEVURES ET MOISSURES

Les levures et moisissures ont été dénombrées conformément à la méthode préconisée dans la norme NF ISO 21527-1 (décembre 2008). Le milieu utilisé a été le DRBC (Dichloran Rose Bengale Chloramphénicol agar) et la technique d'ensemencement fut celle en surface. Environ 15 mL du milieu DRBC en surfusion ont été coulés dans des boîtes de Pétri dans des conditions aseptiques. Les boîtes de Pétri ont été laissées sur la paillasse sans être entrouvertes, permettant aux milieux de prendre masse. 0,1 mL de la suspension mère (10^0) ou de ses dilutions (10^{-1} ; 10^{-2} ; 10^{-3} ; 10^{-4}) a été prélevé dans des conditions aseptiques puis étalé à l'aide d'un râteau Pasteur préalablement stérilisé dans chaque boîte de Pétri contenant le milieu gélosé. Les boîtes de Pétri ont été ensuite incubées à 25°C pendant 2 à 5 jours à l'étuve. Les boîtes ne sont pas retournées pendant l'incubation et entre les lectures, afin d'éviter le réensemencement des spores de moisissures pendant les manipulations. Pour dénombrer les colonies de levures et les thalles de moisissures, les boîtes contenant entre 10 et 100 colonies ou thalles ont été retenues.

2.2.3.4 EXPRESSION DES RESULTATS

Le dénombrement a été fait suivant la formule normalisée (ISO 7218: 1996) utilisée pour le calcul de la charge microbienne des différents échantillons:

$$N = \frac{\Sigma C}{(n_1 + 0,1n_2).d.v}$$

- N: nombre de microorganismes en UFC/mL de produit
- ΣC : somme des colonies comptées sur les boites de Pétri retenues au niveau de deux dilutions successives
- v: volume d'inoculum prélevé (1 mL ou 0,1 mL)
- n_1 : nombre de boites retenues à la première dilution
- n_2 : nombre de boites retenues à la seconde dilution
- d: dilution à partir de laquelle les premiers dénombrements sont obtenus

2.2.4 ANALYSES STATISTIQUES

L'analyse des données a été réalisée par le biais du logiciel GraphPad Prism 8. La détermination des moyennes et des écarts types, la vérification de la normalité des distributions, la description des données ainsi que les études comparatives (test de Tukey) ont été réalisées. Le seuil de signification est $\alpha = 0,05$. Les différences statistiques avec une valeur de probabilité inférieure à 0,05 ($P < 0,05$) sont considérées comme significatives.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 RESULTATS

3.1.1 PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES DES ECHANTILLONS DE JUS DE TAMARIN

3.1.1.1 ACIDITE TITRABLE, PH ET EXTRAIT SEC SOLUBLE

La concentration des acides organiques des jus étudiés, leur pH ainsi que leur pourcentage en sucre sont présentés dans les tableaux 1 (extraction à froid) et 2 (extraction à chaud). Les résultats de cette étude montrent que l'acidité titrable des jus de tamarin extraits à froid est comprise entre 498,8 et 841,1 meq.g/L. Pour les jus produits par la méthode à chaud, l'acidité titrable oscille entre 384,4 et 767,7 meq.g/L. Comparés deux à deux dans le même groupe, les jus de certaines vendeuses ont leur acidité titrable significativement différente au seuil de 5%. Quant aux pH, ils oscillent entre 2,58 et 2,67 pour l'extraction à froid, et entre 2,57 et 2,72 pour l'extraction à chaud. Il n'y a pas de différence significative entre les pH des jus des vendeuses évoluant dans un même groupe (extrait froid ou chaud). Le pourcentage de matière sèche soluble (degré Brix) des jus analysés varie entre 6,67 et 22 °Brix pour le groupe extrait à froid et entre 5,33 et 8,67 °Brix pour le groupe extrait à chaud. Cette teneur ne diffère significativement pas d'un échantillon à l'autre dans un même groupe d'extrait de jus.

3.1.1.2 COMPARAISON DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES SUIVANT LA METHODE D'EXTRACTION

Le pH moyen des jus d'extraction à froid est de 2,63 tandis qu'il est de 2,65 pour les jus extraits à chaud. L'acidité titrable moyenne et la teneur en sucre moyenne des jus extraits par la méthode à froid, sont respectivement de 640,2 meq.g/L et de 11,58 °Brix, contre 579,1 meq.g/L et 9,58 °Brix pour les extraits chauds. L'analyse comparative suivant le test de Tukey des paramètres physico-chimiques des deux groupes d'échantillons de jus a montré une absence de différence significative ($\alpha = 5\%$) entre ces paramètres. Ainsi, selon ce test, il n'y a pas de différence significative entre les acidités titrables, les pH et les pourcentages de sucre quelle que soit la méthode d'extraction (tableau 3).

Les valeurs de pH des jus échantillonnés respectent les valeurs standard établies ($2 < \text{pH} < 4$). Quant aux taux de sucre, ils sont en-dessous de la valeur minimale prescrite (13°B) par [14] dans les jus de tamarin.

3.1.2 CHARGE MICROBIENNE DES ECHANTILLONS DE JUS DE TAMARIN

Le profil microbiologique des jus recueillis chez les différentes vendeuses est indiqué dans les tableaux 4 (extraction à froid) et 5 (extraction à chaud). Les microorganismes ayant fait objet d'analyse sont les GAM, *Escherichia coli*, coliformes totaux, levures et moisissures.

Dans les jus extraits à froid, la charge minimale en germes aérobies mésophiles (G.A.M) est de $9,9 \cdot 10^2$ UFC/mL, tandis que la charge maximale est de $2,7 \cdot 10^3$ UFC/mL. Quant aux charges en *Escherichia coli* et en coliformes totaux, elles sont inférieures ou égales respectivement à 9 et 17 UFC/mL. La charge en moisissures varie entre $1,9 \cdot 10^2$ et $2,7 \cdot 10^3$ UFC/mL. Les charges microbiennes précitées ne sont significativement pas différentes au seuil $\alpha = 5\%$ d'une vendeuse à l'autre. Cependant, la charge en levures des jus extraits à froid diffère significativement ($P < 0,05$) souvent d'une vendeuse à une autre. Cette charge en levures oscille entre $2,1 \cdot 10^4$ et $4 \cdot 10^4$ UFC/mL dans ce groupe.

Pour la méthode d'extraction à chaud, les jus sont exempts d'*Escherichia coli* et des coliformes totaux. Les G.A.M isolés dans ce groupe ne dépassent pas $6,7 \cdot 10^2$ UFC/mL. Quant aux charges de levures et moisissures, elles varient respectivement entre $1,5 \cdot 10^3$ et $6,3 \cdot 10^3$ UFC/mL et entre 75 et $2,3 \cdot 10^2$ UFC/mL. Les tests statistiques de ce groupe sont quasi identiques à ceux du groupe précédent.

3.1.3 ANALYSE COMPARATIVE DES CHARGES MICROBIENNES SELON LA METHODE D'EXTRACTION

La charge microbienne moyenne des jus extraits à froid est de $2,2 \cdot 10^3$ UFC/mL pour GAM, 2 UFC/mL pour *Escherichia coli*, 9 UFC/mL pour les autres coliformes, $3,1 \cdot 10^4$ UFC/mL pour levures et $1,2 \cdot 10^3$ UFC/mL pour les moisissures. Pour l'extraction à chaud, cette charge est de $4,5 \cdot 10^2$ UFC/mL pour GAM, $2,8 \cdot 10^3$ UFC/mL pour levures, $1,3 \cdot 10^2$ UFC/mL pour les moisissures et nulle pour *Escherichia coli* et les autres coliformes (tableau 6). Les analyses statistiques renseignent qu'il n'y a pas de différence significative au seuil $\alpha = 5\%$ entre les charges microbiennes des deux groupes d'échantillons, exception faite des charges en levures.

Les charges en G.A.M, *Escherichia coli* et coliformes totaux sont inférieures aux limites normatives dans l'ensemble des échantillons. Quant aux charges en levures et moisissures, elles ne respectent pas la limite imposée par les instances de norme excepté la charge en moisissure des jus extraits à chaud.

Tableau 1. Paramètres physico-chimiques des jus produits par la méthode d'extraction à froid

Jus extraits à froid			
Code des Vendeuses	Paramètres		
	pH	Acidité titrable (meq.g/L)	Extrait sec soluble (°Brix)
Vf ₁	2,66 ± 0,01 ^a	522,2 ± 9,0 ^a	22 ± 1 ^a
Vf ₂	2,6 ± 0,04 ^a	498,8 ± 4,5 ^a	9,33 ± 0,57 ^a
Vf ₃	2,58 ± 0,01 ^a	841 ± 16,9 ^b	8,33 ± 1,52 ^a
Vf ₄	2,67 ± 0,04 ^a	698,8 ± 22,2 ^{a, b}	6,66 ± 1,53 ^a
Norme*	2 – 4	> 500	> 13

Les valeurs sont les moyennes et les variations standards (SD) des données de trois cycles d'échantillonnage. Les données de la même colonne portant en exposant des lettres différentes sont statistiquement différentes au seuil $\alpha = 5\%$. Vf: Vendeuse de jus extrait à froid. * CODEX STAN 247-2005

Tableau 2. Paramètres physico-chimiques des jus produits par la méthode d'extraction à chaud

Jus extraits à Chaud			
Code des Vendeuses	Paramètres		
	pH	Acidité titrable (meq.g/L)	Extrait sec soluble (°Brix)
Vc ₁	2,71 ± 0,00 ^a	428,8 ± 78,1 ^a	5,33 ± 0,57 ^a
Vc ₂	2,71 ± 0,01 ^a	384,4 ± 1,9 ^a	7 ± 2 ^a
Vc ₃	2,56 ± 0,07 ^a	767,7 ± 236 ^b	12 ± 1 ^a
Vc ₄	2,6 ± 0,07 ^a	735,5 ± 146 ^b	14 ± 1 ^a
Norme*	2 – 4	> 500	> 13

Les valeurs sont les moyennes et les variations standards (SD) des données de trois cycles d'échantillonnage. Les données de la même colonne portant en exposant des lettres différentes sont statistiquement différentes au seuil $\alpha = 5\%$. Vc: Vendeuse de jus extrait à chaud. * CODEX STAN 247-2005

Tableau 3. Comparaison des paramètres physico-chimiques selon les méthodes d'extraction

Paramètres	Groupe d'échantillon		Norme *
	Extrait à Froid	Extrait à Chaud	
pH	2,63 ± 0,04 ^a	2,65 ± 0,07 ^a	2-4
Acidité titrable (meq.g/L)	640,2 ± 160,9 ^b	579,1 ± 200,4 ^b	> 500
Extrait sec soluble (°Brix)	11,58 ± 7,03 ^c	9,58 ± 4,08 ^c	> 13

Les valeurs sont les moyennes et les variations standards (SD) des moyennes des données de trois cycles d'échantillonnage. Les données de la même ligne portant en exposant les mêmes lettres sont statistiquement identiques au seuil $\alpha = 5\%$. * CODEX STAN 247-2005

Tableau 4. Profil microbiologique des jus extraits par la méthode à froid

Jus extraits à Froid					
Code des Vendeuses	Charge microbienne (UFC/mL)				
	G.A.M	<i>E. coli</i>	Coliformes totaux	Levures	Moisissures
Vf ₁	$2,6.10^3 \pm 1,6.10^3$ ^a	0 ^a	17 ± 16 ^a	$2,1.10^4 \pm 1,8.10^4$ ^a	$2,7.10^3 \pm 2,7.10^3$ ^a
Vf ₂	$2,7.10^3 \pm 1,3.10^3$ ^a	0 ^a	4 ± 4 ^a	$4.10^4 \pm 5,8.10^3$ ^b	$1,6.10^3 \pm 7,6.10^2$ ^a
Vf ₃	$2,7.10^3 \pm 1,4.10^3$ ^a	9 ± 5 ^a	13 ± 6 ^a	$2,5.10^4 \pm 1,5.10^4$ ^a	$5.10^2 \pm 3,5.10^2$ ^a
Vf ₄	$9,9.10^2 \pm 4,7.10^2$ ^a	0 ^a	3 ± 2 ^a	$4.10^4 \pm 4,6.10^3$ ^b	$1,9.10^2 \pm 91$ ^a
Norme*	$< 10^5$	< 10	$< 10^2$	$< 10^3$	$< 10^3$

Les valeurs sont les moyennes et les variations standards (SD) des données de trois cycles d'échantillonnage. Les données de la même colonne portant en exposant les mêmes lettres sont statistiquement identiques au seuil $\alpha = 5\%$. Vf: Vendeuse de jus extrait à froid. *Codex Alimentarius (1994)

Tableau 5. Profil microbiologique des jus extraits par la méthode à chaud

Jus extraits à Chaud					
Code des Vendeuses	Charge microbienne (UFC/mL)				
	G.A.M	<i>E. coli</i>	Coliformes totaux	Levures	Moisissures
Vc ₁	$3,3.10^2 \pm 2,6.10^2$ ^a	0	0	$2.10^3 \pm 1.10^3$ ^a	$1,6.10^2 \pm 22$ ^a
Vc ₂	$6,7.10^2 \pm 4,1.10^2$ ^a	0	0	$1,5.10^3 \pm 1,3.10^2$ ^{a,b}	81 ± 32 ^a
Vc ₃	$4.10^2 \pm 1,4.10^2$ ^a	0	0	$6,3.10^3 \pm 2.10^3$ ^c	75 ± 54 ^a
Vc ₄	$3,9.10^2 \pm 2,3.10^2$ ^a	0	0	$1,6.10^3 \pm 1,5.10^3$ ^{a,b}	$2,3.10^2 \pm 2,7.10^2$ ^a
Norme*	$< 10^5$	< 10	$< 10^2$	$< 10^3$	$< 10^3$

Les valeurs sont les moyennes et les variations standards (SD) des données de trois cycles d'échantillonnage. Les données de la même ligne portant en exposant les mêmes lettres sont statistiquement identiques au seuil $\alpha = 5\%$. Vc: Vendeuse de jus extrait à chaud. *Codex Alimentarius (1994)

Tableau 6. Comparaison des charges microbiennes des jus de tamarin selon les méthodes d'extraction

Microorganismes recherchés	Charge microbienne (UFC/mL)		Norme *
	Groupe d'échantillon extrait à froid	Groupe d'échantillon extrait à chaud	
G.A.M	$2,2.10^3 \pm 8,6.10^2$ ^a	$4,5.10^2 \pm 1,5.10^2$ ^a	$< 10^5$
<i>E. coli</i>	2 ± 4 ^b	0 ^b	< 10
Coliformes totaux	9 ± 6 ^c	0 ^c	$< 10^2$
Levures	$3,2.10^4 \pm 10^4$ ^a	$2,8.10^3 \pm 2,3.10^3$ ^b	$< 10^3$
Moisissures	$1,2.10^3 \pm 1,1.10^3$ ^d	$1,3.10^2 \pm 7,5.10^1$ ^d	$< 10^3$

Les valeurs sont les moyennes et les variations standards (SD) des moyennes des données de trois cycles d'échantillonnage. Les données de la même ligne portant en exposant les mêmes lettres sont statistiquement identiques au seuil $\alpha = 5\%$. *Codex Alimentarius (1994)

3.2 DISCUSSION

Les jus de tamarin (Tomi) échantillonnés dans la ville de Korhogo ont un pH acide ($2,5 \leq \text{pH} \leq 2,7$). Ce résultat est similaire à ceux obtenus par [15] qui variaient entre 2 et 4. Le faible pH ($< 4,5$) serait très bénéfiques pour la conservation des jus et la prévention des micro-organismes [16]. L'acidité titrable des échantillons de jus était comprise entre 579,1 et 640,2 meq.g/L. Ces valeurs sont nettement supérieures à celle obtenue par [16] qui était de 103,32 meq.g/L dans le jus de tamarin élaboré par l'équipe de recherche elle-même. Cette différence s'expliquerait par l'existence d'une éventuelle fermentation dans les jus de tamarin échantillonné. En effet, la production d'acides organiques est généralement réalisée par fermentation en milieu liquide [17]. Les boissons artisanales sont commercialisées souvent dans des bacs transparent ou dans des glacières au niveau des trottoirs, au bord des voies principales et dans les quartiers [7]. Lors de cette vente, les jus se décongèlent et retournent au réfrigérateur en état après-vente. Le manque de maintien du froid qui bloque le métabolisme des microbes et les conditions précaires de vente pourraient expliquer le phénomène susmentionné [18]. La production d'acide organique à un certain niveau entraîne une instabilité de la qualité organoleptique des produits [9].

Le taux de sucre (extrait sec soluble) des échantillons de jus est inférieur à la valeur recommandée ($> 13^{\circ}\text{B}$) par la norme du [14] exception faite des vendeuses Vf₁ et Vc₄. Cette inconformité pourrait s'expliquer non seulement par une absence de mesure lors de la dilution et du sucrage, mais aussi par une consommation possible du sucre par les microorganismes contaminant. En effet, les microorganismes pour se développer, ont besoin d'eau, d'une source de carbone, d'oxygène, d'hydrogène, d'azote, de soufre et de phosphore, qui sont apportés notamment par les sucres comme le glucose ainsi que des sels minéraux [18].

Les charges en G.A.M., *E. coli* et coliforms totaux des échantillons de jus sont inférieures à la limite prescrite par le Codex Alimentarius. Cependant, la présence de G.A.M dans l'ensemble des échantillons reflèterait l'histoire de ces produits. En effet, les G.A.M sont indicateurs du niveau général d'hygiène, de la bonne gestion ou non du couple temps/température et de la rupture ou non de la chaîne du froid [19]. La prolifération des G.A.M. dans les jus échantillonnés s'expliquerait principalement par la médiocrité du niveau d'hygiène lors de la fabrication et la rupture du froid lors de la commercialisation des jus. Le faible taux d'*E. coli* et autres coliformes pourrait être dû aux effets antibactériens de l'extrait aqueux de la pulpe de tamarin vis-à-vis d'*E. coli* et autres bactéries pathogènes. Cette activité antibactérienne des extraits de la pulpe de tamarin se manifesterait à des concentrations minimales inhibitrices faibles (CMI $\leq 3,125$ mg/ml) contre ces groupes de bactéries [4], [5], [20]. Toutefois, il faut noter que les jus extraits par la méthode chaude ont une charge nulle en *E. coli* et les autres coliformes et une plus faible charge en G.A.M. L'inclusion de traitement thermique dans la production du jus pourrait avoir des effets positifs dans stabilité du produit.

Tous les échantillons de jus sont contaminés par les champignons (levures et moisissures). La présence des levures et moisissures dans les boissons artisanales est corroborée par [21] qui a montré que ces microorganismes peuvent se multiplier normalement dans un milieu où l'acidité est faible. En effet, pour les jus et nectars de fruit, les microorganismes contaminant et entraînant une altération sont principalement les levures (90% des cas). Elles supportent les bas pH (pH $< 4,5$), capables d'utiliser l'azote organique et tolèrent de forte concentration en sucre [9]. En outre, cette étude a montré que l'extraction de la pulpe du fruit à froid contribuerait significativement ($P < 0,05$) à l'augmentation de la charge levurienne. Selon certaines vendeuses utilisant l'extraction à froid, lorsque la macération des fruits décortiqués est trop longue, le produit se fermente et il se dégage une odeur nauséabonde. Aussi, une des vendeuses alternant les deux méthodes d'extraction, expliquait-elle que les jus obtenus par l'extraction à froid avaient une période d'éventuelle fermentation très courte par rapport aux jus de la méthode alternative. Les levures sont responsables des modifications de l'aspect et du goût du produit et aussi de la déformation des contenants [9].

Exception faite de la charge en moisissure du groupe d'échantillon extrait à chaud, les levures et moisissures dénombrés dans les échantillons de jus transgressent la limite normative ($> 10^3$ UFC/mL). Cette inconformité serait due, en plus des phénomènes précités, à la qualité des fruits de tamarin, la durée de conservation et la concentration de la pulpe en solution. En effet, les fruits décortiqués sont vendus en état, moulés sous forme de boule et exposés à la poussière ou repartis dans des sachets par kilogramme. Par ailleurs, le vent qui souffle dans le département de Korhogo chargé de sable et de poussières en période d'harmattan, facilite le transport des germes (bactéries et spores fongiques) et entraîne leur dispersion dans l'atmosphère [22]. Ce phénomène favoriserait une augmentation de la densité des microbes dans l'air [23], donc un risque élevé de contamination par les germes et spores fongiques pour les produits exposés et non couverts.

Une fois cueillis, les fruits de tamarin sont séchés et peuvent être stockés pendant au moins 6 mois avant leur utilisation. Certains insectes parasites du tamarin, notamment les coléoptères endommagent les grains du fruit [2]. Les fissures et lésions occasionnées par leur activité constituent des foyers favorables pour le développement des moisissures. Notamment, des espèces du genre *Botrytis* qui seraient impliquées dans la putréfaction des fruits et légumes stockés [24]. Elles pourraient donc détruire la qualité marchande des fruits, mais aussi influencer les caractères organoleptiques du produit fini. Aussi, les ruptures de chaîne de froid qui se produisent lors de la distribution jusqu'au consommateur favoriseraient le développement de la flore fongique dans les jus et nectar de fruit [9]. Bien que l'extrait de la pulpe de tamarin ait des effets antifongiques prouvés, mais il serait actif qu'à des concentrations bien spécifique (333 à 500 mg/mL) et sur des espèces bien déterminées [3]. La forte dilution des jus pourrait donc favoriser la croissance des germes lors de la réfrigération, puisqu'il existe des moisissures psychrophiles capables de se développer à des températures inférieures à 0°C [25], [26].

4 CONCLUSION

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'un contrôle de la qualité physico-chimique et microbiologique du jus de tamarin (communément appelé « Tomi »), une boisson de fabrication artisanale dans la ville de Korhogo. Il ressort de cette étude que l'extraction des jus de tamarin par la voie chaude ou froide ne modifie pas significativement les paramètres physico-chimiques, tels que le pH, l'acidité titrable et la teneur en sucre. Les analyses physico-chimiques montrent la non-conformité des jus aux

normes du Codex Alimentarius. Cette inconformité est due au taux de sucre ($< 13^{\circ}\text{B}$), bien qu'il y ait des vendeuses qui se démarquent de ce lot. Les caractéristiques microbiologiques des jus de tamarin extraits par la voie froide sont insatisfaisantes du fait des moisissures isolées à des taux supérieurs à la limite normative. Les jus obtenus par la voie chaude quant à eux sont de qualité microbiologique acceptable. Les germes d'altération de la qualité marchande ou organoleptique tels que G.A.M et levures en plus des moisissures, ont été isolés à des taux inférieurs à la norme, mais non négligeables dans les jus. Ces germes seraient responsables de fermentation alcoolique et d'altération des caractéristiques organoleptiques. Ces résultats rendent compte de la médiocrité dans l'observation des bonnes pratiques d'hygiène par les productrices des jus et de la rupture de la chaîne du froid. L'inclusion de traitement thermique dans la chaîne de production pourrait être l'une des méthodes préventives. L'extraction de la pulpe de tamarin par la voie chaude permettrait d'obtenir des jus de qualité acceptable et plus stable, contrairement aux jus de la méthode alternative.

REFERENCES

- [1] Garba A., Amani A., Abdou L., "Perceptions et usages socioéconomiques du tamarinier (*Tamarindus indica* L.) dans le Sud-Ouest du Niger: Implications pour une domestication et une conservation durable", *Journal of Animal & Plant Sciences*, Vol. 40, pp. 6584-602, 2019.
- [2] Favet R., Frikart M. J. et Potin J., "La valorisation du tamarin. ed. Montpellier SupAgro - Institut des Régions Chaudes", 28 p., 2011.
- [3] Ross I. A., "Medicinal plant of the world Chemical constituents, Traditional and modern medicinal uses", 415 p., 1999.
- [4] Adeniyi O. V., Olaifa F. E., Emikpe B. O. et Ogunbanwo S. T., "Phytochemical Components and Antibacterial Activity of *Tamarindus indica* Linn. Extracts against Some Pathogens", *Biotechnology Journal International*, Vol. 17, pp. 1-9, 2017.
- [5] Abdallah M. S. et Muhammad A., "Antibacterial activity of leaves and fruits extract of *Tamarindus indica* against clinical isolates of *Escherichia coli* and *Shigella* at potiskum yobe state, Nigeria", *Journal of Analytical and Pharmaceutical Research*, Vol. 7, pp. 606-609, 2018.
- [6] Kini F., Saba A., Ouedraogo S., Tinguéri B., Sanou G. et Guissou I., "Potentiel nutritionnel et thérapeutique de quelques espèces fruitières « sauvages » du burkina faso", *Pharmacopée et Médecine Traditionnelle Africaines*, Vol. 15, pp. 32-35, 2008.
- [7] Ouattara N. D., Gaille E., Stauffer F. W. et Bakayoko A., "Diversité floristique et ethnobotanique des plantes sauvages comestibles dans le Département de Bondoukou (Nord-Est de la Côte d'Ivoire)", *Journal of Applied Biosciences*, Vol. 98, pp. 9284 – 9300, 2016.
- [8] Karamoko D., Moroh J.L.A., Kambire O., N'guessan K.R., Dje K.M., "Caractérisation physico-chimique et microbiologique d'une boisson artisanale (Zoom-koom) vendue dans la ville de Korhogo", *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 29, 559-569, 2020.
- [9] Fakaantenaina R. "Formulation, fabrication et étude de conservabilité des nectars de fruits en bouteilles plastiques", *Memoire d'Ingenieur Agronome. Université d'Antananarivo, Madagascar*. 117 p., 2010.
- [10] Konan A.H. "Altération microbienne des boissons", *Memoire de Master, Université Nangui Abrogoua*, 45 p., 2016.
- [11] Association of Official Analytical Chemists (AOAC), *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*, 13 ed. Washington DC, 1141 p., 1990.
- [12] Association Française de Normalisation. *Produits Dérivés des Fruits et Légumes. Jus de Fruit*. ed. AFNOR, Paris France, 343 p., 1986.
- [13] AFTER. *Nectar et sirop de baobab*. ed. Guide-Bouye. 20 p., 2014.
- [14] CODEX. *Norme générale codex pour les jus et les nectars de fruits*. CODEX STAN 247. 19 p., 2005.
- [15] Grollier C., Debien C., Dornier M. et Reynes M., "Principales caractéristiques et voies de valorisation du tamarin", *Fruits* Vol. 53, pp. 271-280, 1998.
- [16] Kouassi A. K., Beugre M. A. G., Kouassi N. K., N'dri D. Y., Amani G. N. et Gnakri D., "Biochemical Characterization of Juices from Three Wild Fruit Species Consumed in Côte d'Ivoire *Adansonia digitata*, *Parkia biglobosa* and *Tamarindus indica*", *Open Science Journal*, Vol. 3, pp. 1-11, 2018.
- [17] Restino C., "Production d'acide itaconique par des souches d'*Aspergillus* par fermentation en milieu solide". Thèse de Doctorat. Université de Reims Champagne-Ardenne, France. 156 p., 2012.
- [18] Borges F., "Sécurité sanitaire des aliments". Université de Lorraine (France), 55 p., 2014.
- [19] Agence française de sécurité sanitaire des aliments, *Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatif aux critères microbiologiques exigibles pour le lait cru de bovin livré en l'état et destiné à la consommation humaine*. ed. Maisons-Alfort. Val-de-Marne. Saisine n° 2007-SA-0149, 10 p., 2008.
- [20] Sravanthi T., Waghay K. et Rao S. D., "Phytochemical screening and anti-microbial and anti-oxidant studies of dehydrated tender tamarind (*Tamarindus indica*) leaves". *International Journal of Food Science and Nutrition* Vol. 2, pp. 62-64, 2017.

- [21] Ndiaye A., "Diagnostic et caractérisation microbiologique des procédés artisanaux de fabrication de boissons et de concentrés d'*Hibiscus sabdarifa* au Sénégal", *Afrique science*, Vol. 11, pp. 197-210, 2015.
- [22] N'krumah T. A. S. R., Kone B., Tiembre I., Mbaye I., Tanner M. et Cisse G., "Variabilité climatique et incidence de la méningite cérébro-spinale dans le district sanitaire de Korhogo (Nord de la Côte d'Ivoire)", *Environnement, Risques & Sante*, Vol. 13, pp. 143-152, 2014.
- [23] RNSA. Changement climatique, moisissures aéroportées et risques sanitaires associés, 102 p., 2011.
- [24] Jarvis W. R., *Botryotinia and Botrytis species: taxonomy, physiology and pathogenicity*, 208 pp., 1977.
- [25] Tabuc C., "Flore fongique de différents substrats et conditions optimales de production des mycotoxines", Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse et Université de Bucarest, 179 p., 2007.
- [26] Tri N. M., "Identification des espèces de moisissures, potentiellement productrices de mycotoxines dans le riz commercialisé dans cinq provinces de la région centrale du Vietnam - étude des conditions pouvant réduire la production des mycotoxines". Thèse de Doctorat. Institut National Polytechnique de Toulouse, France. 145 p., 2007.

Eco-design of heterogeneous Fenton processes using laterite and kaolinite for methylene blue degradation

Coulibaly Sandotin Lassina¹, Sangare Drissa¹, Kone Tiangoua², and Coulibaly Lacina²

¹Département Environnement et Développement Durable, UFR - Ingénierie Agronomique, Forestière et Environnementale, Université de Man, Man, Côte d'Ivoire

²Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique, UFR - Sciences et Gestion de l'Environnement, Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2021 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 kaolinite-coating laterite (B catalysts) was used for the efficient degradation of methylene blue (MB) from aqueous solution. Heterogeneous Fenton catalytic oxidation experiments of B catalyst were investigated by changing the effective factors such as amount of laterite and amount of kaolinite. To that end, four (4) types of B catalysts were made: (i) B0 catalyst (50% kaolinite + 50% uncalcined laterite); B1 catalyst (50% kaolinite + 50% laterite calcined at 600°C), B2 catalyst (30% kaolinite + 70 % laterite calcined at 600°C) and B3 catalyst (100 % kaolinite + Iron solution from laterite). The result showed that B2 catalyst exhibits the highest performance with a MB degradation percentage (77%) after 100 min. For analyzing the performance of B2 catalyst, the effects of B2 catalyst amount, pH, and hydrogen peroxide (H₂O₂) were also studied at 100 min. Kinetic studies were also carried out in this experiment. The results indicated that more than 90% of decolorization was achieved with 60g of B2 catalyst at pH acidic (2 to 3). Moreover, higher MB degradation (≤ 90%) was reported at the presence of H₂O₂ and B2 catalyst in the reactor. However, only 14% of MB was adsorbed in the presence of H₂O₂ and without B2 catalyst. On the other hand, it was observed that second-order kinetics (R²>0.90) was well fitted in the MB degradation process. Considering the above, kaolinite-coating laterite (B2 catalyst) could be used as efficient, cheap, and eco-friendly catalytic oxidation material for the degradation of MB in aqueous solution.

KEYWORDS: Heterogeneous Fenton, Kaolinite, Kinetic parameters, Laterite, Methylene Blue.

1 INTRODUCTION

During the past two decades, new regulations concerning bio-recalcitrant pollutants have become necessary given the increased risks to public health and the environment [1]. The bio-recalcitrant compounds that accumulate in water and bottom sediments affect aquatic biota and the overall ecological equilibrium. Thus, several processes such as reverse osmosis precipitation/coagulation and membrane filtration have appeared in order to limit pollution. These techniques are often effective but their high cost prevents their implementation in developing countries. However, the biological processes are not applicable if the effluents to be treated contain non-biodegradable substances or substances which are inhibitory or toxic for the microorganisms and plants used. In addition, conventional physicochemical processes make it possible to compensate for these shortcomings either by completely replacing purification by biological means or by complementary treatment [2]. The Advanced Oxidation Processes (AOPs) is presented as a clean alternative technology among these physicochemical processes [1]. The research that began in the early 1970s and 1980s led to numerous AOPs as ozonation, sonolysis, photocatalysis, Fenton and photo-Fenton processes [3]. AOPs is transformed them into less toxic and/or more easily biodegradable compounds or modifying their characteristics (mobility, toxicity), before possible biological treatment [4]. Among AOPs, Fenton process and its modifications proved effective in the degradation of wide range of bio-recalcitrant compounds present in high-strength wastewater ([5], [6]). The Fenton process is a widely studied and used catalytic method based on the generation of hydroxyl radicals (HO•) from hydrogen peroxide (H₂O₂) with iron ions acting as homogeneous catalyst at acidic pH and ambient conditions [7]. Various types of solids have been considered as heterogeneous Fenton catalysts (i.e. synthetic catalysts and natural catalysts) for the degradation of organic pollutants [8]. Both economic and environmental standpoints and scientific understanding of the complex

catalytic mechanisms underlying the heterogeneous Fenton process, the use of natural catalysts are gaining increasing attention of several researchers ([6], [9]). In this order, clays and iron minerals, like laterite have been proposed as a promising alternative to synthetic catalysts for the decontamination of sediments and wastewater effluents due to their low cost, abundance and eco-friendly nature ([6], [10]). Indeed, laterite is an important natural source of iron widely available in tropical zones ([11] and has considerably low cost, is nontoxic for the environment and exhibits a relatively high thermal and chemical stability [12]. Several researches reported that the laterite was as a source of iron for Fenton processes used for degradation of recalcitrant pollutants in wastewaters and groundwater ([6], [13], [14], [15]). However, several disadvantages arise in its practical application of the classical Fenton process, which are (i) the restricted operational pH range centered around 3 and (ii) the generation of a high amount of iron sludge ([5], ([16]). Indeed, this iron sludge limits the recycling process for further oxidation studies and it requires proper disposal technique or consolidation [17]. This can be overcome by the application of binder like kaolinite for heterogeneous Fenton processes using laterite. In this case, the aim of this study was to design the heterogeneous Fenton processes using laterite and kaolinite as binder elements consolidation (B catalysts) for Methylene Blue (MB) degradation. The first objective was to determine the best B catalyst ratio (laterite + kaolinite) for the MB degradation. Afterward, the effect of best B catalyst ratio amount, pH, and H_2O_2 on MB degradation were also investigated. On the other hand, the kinetic parameters of MB degradation were studied.

2 MATERIAL AND METHODS

2.1 COLLECTION AND PREPARATION OF CATALYSTS MATERIALS

Laterites and kaolinite used in this work come from Sinematialy (North) and Bingerville (South) in Côte d'Ivoire, respectively. In order to formulate the laterite and kaolinite, these samples were crushed separately and then dried for 72 hours at room temperature. The ground materials were sieved to collect powders with a granularity of less than 250 μm , and which were used to prepare the different catalyst beds. The sieved ground materials (laterite + kaolinite) mixed in distilled water to obtain spherical pellets (B catalysts) of 1 cm in diameter, as shown in Fig. 1. Four (4) types of B catalysts were designed:

- i) B0 catalyst: 50% kaolinite + 50% uncalcined laterite;
- ii) B1 catalyst: 50% kaolinite + 50% laterite calcined at 600°C;
- iii) B2 catalyst: 30% kaolinite + 70 % laterite calcined at 600°C;
- iv) B3 catalyst: 100 % kaolinite + Iron solution from laterite.

The last type of spherical powder pellets (B3 catalyst) was obtained from 100 ml of the iron solution obtained with the laterite, which was introduced into a container containing 300 g of kaolinite powder. Moreover, the spherical pellets (B3 catalyst) were calcined at 600°C in order to great accessibility of the iron oxides.



Fig. 1. B catalyst (spherical pellet laterite + kaolinite)

2.2 CATALYTIC EXPERIMENTS

2.2.1 CHARACTERISTICS OF UV-VIS SPECTRUM OF MB IN AQUEOUS SOLUTION

In order to obtain the maximum absorbance, 150 mL of MB (8.70 mg/L) was subjected to a spectral scan from 380 to 710 nm. On the other hand, the degradation of MB in contact with laterite (50 g) was observed over time. Solutions were taken at different time intervals and analyzed with a UV-Vis spectrophotometer Hach DR 5000.

2.2.2 MB DEGRADATION CAPACITY OF DIFFERENT B CATALYSTS

The different experiments were performed at room temperature. MB degradation were carried out in 150 mL Erlenmeyer flasks. 50 g of each type spherical pellet (B0 catalyst, B1 catalyst, B2 catalyst, and B3 catalyst) was added with 100 mL MB solutions at concentration of 15.80 mg/L during 100 min. The different tests were performed at pH 3, ratio $[H_2O_2] / [Fe^{2+}]$ at 15. 8 mol/L amount of 50% hydrogen peroxide (50% H_2O_2) solution was added to initiate hydroxyls radical formation by Fenton reaction. The supernatants were taken each 25 min to monitor the variation of MB concentration. The supernatant absorbance was measured at 663 nm, using a UV–vis spectrophotometer and then, their MB concentration was calculated with a calibration curve. The MB degradation efficiency was calculated by using Equation 1:

$$R (\%) = \frac{[MB]_0 - [MB]_t}{[MB]_0} \times 100 \quad (1)$$

where $[MB]_0$ and $[MB]_t$ is the initial and at any time “t” concentration of MB in mg/L.

Afterward, the effect of different experimental parameters such as mass of B catalyst ratio, solution pH, and H_2O_2 concentration on percentage removal of MB was also investigated. Each experiment was performed for 100 min and the samples were collected at an interval of 25 min to monitor the variation of MB concentration.

2.2.3 EFFECT OF AMOUNT VARIATION ON MB DEGRADATION

The effect of amount of B2 catalyst on the degradation of MB was tested by different amounts of B2 (20, 30, 50, 60, 70, 80 and 90 g), and adding 1.5 mL 50% H_2O_2 and 150 mL of MB solution (8.70 mg/L) at pH 3.0, during 100 min. The initial pH of MB solutions was adjusted to 3 by using 0.1 M NaOH or 0.1M HCl solutions, and ratio $[H_2O_2] / [Fe^{2+}] = 15$. The BM degradation percentage was calculated according to equation 1.

2.2.4 EFFECT OF PH ON MB DEGRADATION

pH is an important parameter in a Fenton process: the stability of H_2O_2 depends on pH. Concerning pH effect on M B degradation, the reaction medium was composed of 150 mL MB solution (8.70 mg / L), 60 g of B2 catalyst, and ratio $[H_2O_2] / [Fe^{2+}] = 15$. pH was varied as 2.00, 3.00, 7.00 and 10.00, respectively, using 1 N NaOH and 1 N H_2SO_4 solutions. The MB degradation percentage was also calculated according to equation 1.

2.2.5 EFFECT OF H_2O_2 ON BM DEGRADATION

In a Fenton process, hydroxyl radicals are produced with the help of H_2O_2 and catalyst containing iron. This experiment was carried to evaluate the effect of H_2O_2 on removal of MB. In this case, three (3) tests were performed: MB solution + H_2O_2 solution (E1), MB solution + H_2O_2 solution + B2 catalyst (E2), and MB solution + B2 catalyst (E3). Each experiment medium was contained 8.70 mg/L of MB solution, pH at 2, and ratio $[H_2O_2] / [Fe^{2+}] = 15$. The removal rate of MB was calculated by using Equation 1.

2.2.6 KINETIC STUDIES

Two (2) kinetic models were used to apprehend the performance of the B2 catalyst and the mechanisms of the MB degradation:

- Pseudo-first (1^{st}) order kinetics (Equation 2)

$$V = - \frac{d[MB]}{dt} = kC^1 \quad (2)$$

We obtain by integration (with $C = C_0$ at $t = 0$) only for pseudo-first order kinetics:

$$\ln \frac{C}{C_0} = -kt$$

Where C_0 and C is the initial and at any time “t” concentration of MB (mg/L), and k is the rate constant (min^{-1}).

- Pseudo-second (2^{nd}) order kinetics (Equation 3)

$$V = -\frac{d^2C}{dt^2} = k_{app}C^2 \quad (3)$$

We obtain by integration (with $C = C_0$ at $t = 0$) that for pseudo-second order kinetics:

$$\frac{1}{C} - \frac{1}{C_0} = kt$$

Where C_0 and C is the initial and at any time “ t ” concentration of MB (mg/L), and k is the rate constant (min^{-1}).

3 RESULT AND DISCUSSIONS

3.1 UV-VIS SPECTRUM OF MB IN AQUEOUS SOLUTION

Fig. 2 depicts the spectral evolution of the MB solution during Fenton oxidation using raw laterite. The dye spectrum is characterized by one band in the visible region located at 600 and 700 nm, with a maximum located at 663 nm. [18] also reported that similar band in the visible region was observed at 664 nm originating from an extended chromophore, comprising aromatic ring during Fenton-like degradation of MB using paper mill sludge-derived magnetically separable heterogeneous. The absorbance peaks in the visible region is due to the chromophore-containing azo linkage [19]. On the other hand, this disappearance indicates the destruction of the chromophoric groups responsible for the color conjugated system) and the UV absorption ([6], [20]). Besides, the degradation intensity of the dye MB solution decreased with time in the presence raw laterite as catalyst. Moreover, the maximum MB degradation was observed at 100 min reaction time (Fig. 2b). Then, 100 min reaction time was used for the following experiments of MB degradation process in this study.

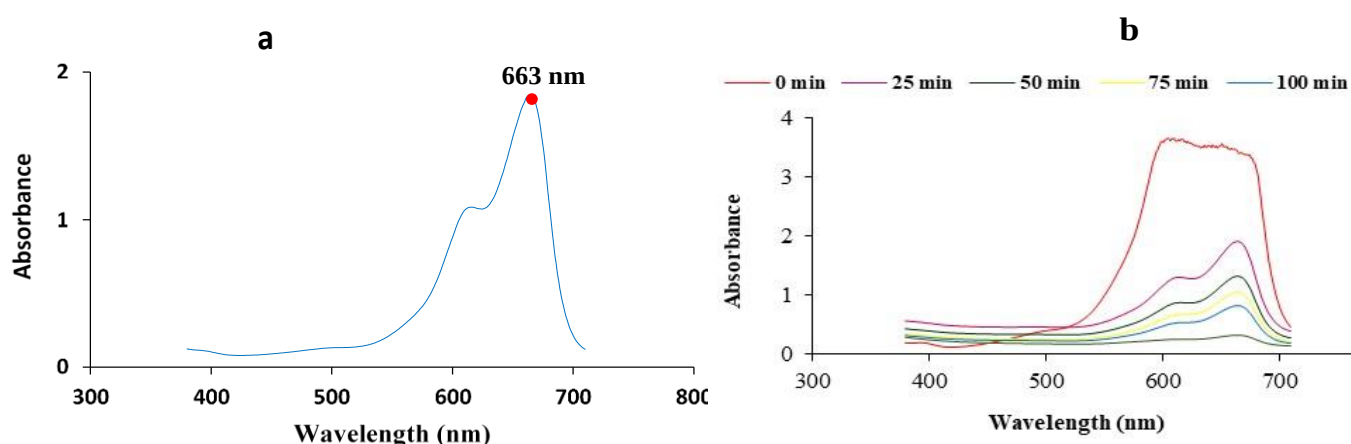


Fig. 2. (a) UV-Vis absorption spectra of MB solution; (b) UV-Vis absorption spectra during MB Fenton degradation using raw laterite

3.2 DEGRADATION CAPACITY OF DIFFERENT B CATALYSTS

The performance of different B catalysts (spherical pellets laterite + kaolinite) on the MB degradation are presented in Fig. 3. After 100 min reaction time, the MB degradation rate was 77%, 76 %, 73%, and 51 % for B2 catalyst, B0 catalyst, B1 catalyst and B3 catalyst, respectively. The result showed that B2 catalyst (30% kaolinite + 70% laterite calcined at 600°C) exhibits the highest performance with a MB degradation rate of 77% after 100 min of treatment at room temperature. It can be explained due the increase the amount of free iron oxides available at the surface of the catalyst during the raw laterite calcination. Indeed, the calcination is an option to improve the catalytic activity of every solid catalyst, as clays [21], and laterite [6]. In addition, this experiment showed that the best ratio spherical powder pellets for MB degradation was B2 catalyst (30% kaolinite + 70 % laterite calcined at 600°C), which was considered in the subsequent experiments to optimize other parameters.

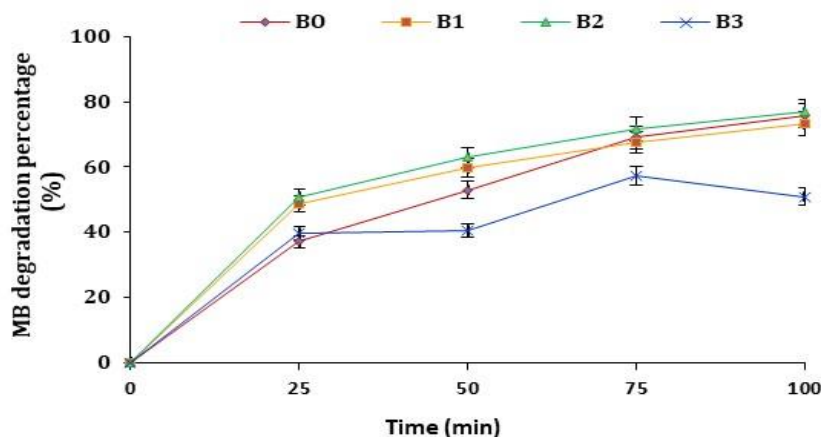


Fig. 3. MB degradation on different B catalysts. [MB solution (8.40 mg/L); $[H_2O_2] / [Fe^{2+}] = 15$; pH 3; $T = 25^\circ C$; reaction time = 100 min]

3.3 EFFECT OF B2 CATALYST AMOUNT VARIATION ON MB DEGRADATION

Fig. 4 depicts the effect of amount on MB degradation percentage. The result showed that MB removal efficiency increased B2 catalyst mass increase. With the increase in the amount of B2 catalyst from 20 to 90g, the removal efficiency of MB increased to 96.81%. This is due to the increase of the catalytic active sites on the surface of the catalyst and the associated generated free hydroxyl radicals [22] and availability of more iron-active sites for the decomposition of H_2O_2 [23]. This result showed that more than 96% of decolorization was achieved with 60g of B2 catalyst, and a further increase of the of B2 catalyst mass slightly affects the MB degradation due to agglutination of the adsorbent particles. It can be concluded that 60g of B2 catalyst has excellent potency for MB degradation among other B2 catalysts. However, when the amount of B2 catalyst increased over 60g, the degradation efficiency did not change so much. This phenomenon is attributed to the scavenging effect of $HO^\bullet$ radicals during unwanted side reactions over the B2 catalyst surface, resulting in a reduction of the availability of $HO^\bullet$ and MB degradation efficiency ([6], [24]). This inhibition effect caused by excess catalyst playing a role as a scavenger of OH radicals [18]. The optimized B2 catalyst amount was found to be 60g, which was considered for subsequent experiments to optimize other parameters.

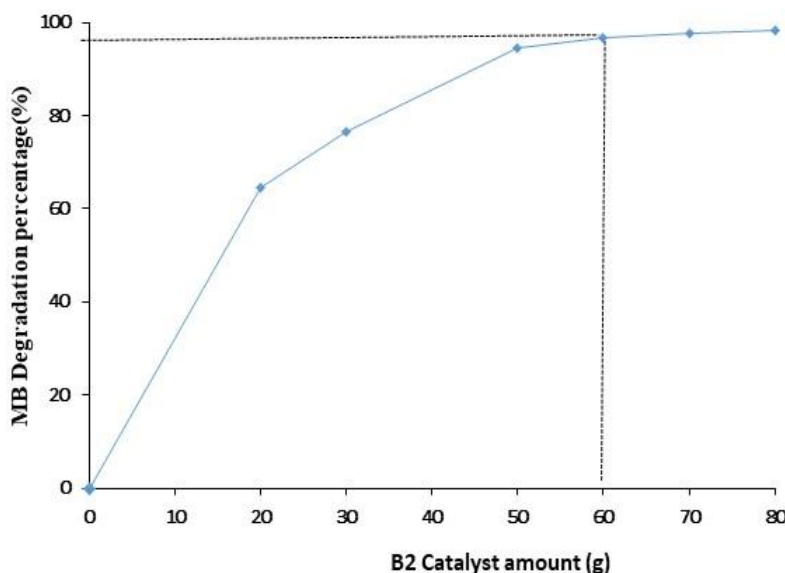


Fig. 4. Effect of mass variation on MB degradation using B2 catalyst. [MB solution (8.40 mg / L); $[H_2O_2] / [Fe^{2+}] = 15$; $T = 25^\circ C$; reaction time = 100 min]

3.4 EFFECT OF PH ON MB DEGRADATION

Fig. 5 shows the effect of varying pH from 2 to 10 on the degradation of MB. The result indicates that the MB removal efficiencies were higher than 90% with acidic pH (2.0 to 3.0), and reached at neutral pH (7.0). Interestingly, MB removal (95 %) at pH 2.0 was the

most efficient heterogeneous Fenton process in this present study. The high degradation rate at acidic pH is related to producing high amount of hydroxyl radicals in solution. This finding is in broad agreement with earlier works ([25], [26]), which indicating maximum performance of MB removal at acidic pH. However, their studies showed that high MB removal efficiency was found at pH 3.0. In contrast, the less efficiency for MB degradation was observed at alkaline solution (pH=10.0). In this condition, the oxide ion (O^-) formation usually occurs instead of hydroxyl radicals [27], which reduces the removal efficiency. Furthermore, this removal rate inhibition occurred due to the formation of negatively charged dye molecules and radicals ([25], [28]). On contrary, [24] reported that the maximum degradation efficiency of MB is 100% in the pH region of 9–12 on laterite-coating manganese dioxide nanoparticle material. Based on the obtained results while varying the pH values, pH 2 was considered as the most favourable pH for the removal of MB using B2 catalyst.

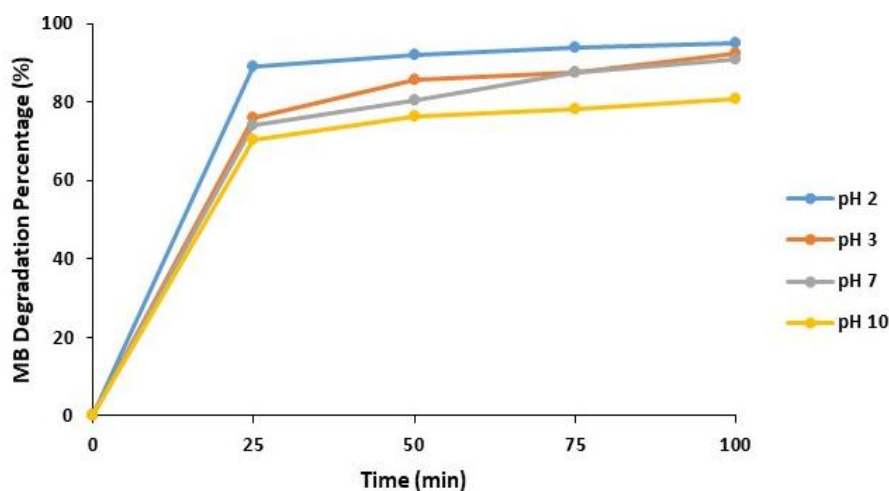


Fig. 5. Effect of pH on BM degradation using B2 catalyst. [B2 catalyst = 60g; MB solution (8.40 mg / L); $[H_2O_2] / [Fe^{2+}] = 15$; $T = 25^\circ C$; reaction time = 100 min]

3.5 EFFECT OF H_2O_2 ON MB DEGRADATION

The effect of the without and/or presence H_2O_2 on MB degradation after 100 min is shown in Fig. 6. The result indicates that only 14.30% of MB was adsorbed after 100 min in the presence of H_2O_2 and without B2 catalyst (E1). The lower MB degradation confirm that H_2O_2 itself cannot oxidize MB. This result is in good agreement with [6] for their experiment performed in the presence of H_2O_2 and without catalyst resulted in nearly no MB removal. This may be due to the fact that H_2O_2 was stable at room temperature, and the reaction rate was extremely slow without the presence of catalysts [18]. However, the MB efficiency degradation increased to reach 74.0 % with the addition B2 catalyst and without H_2O_2 (E3). This MB degradation increase is correlated with the increase of the adsorption sites provided by B2 catalyst in this test (E3). Interestingly, the experiment (E2) performed in the presence of H_2O_2 and B2 catalyst resulted in higher MB degradation (91.40%). Higher MB degradation (91.40%) can be explained due of the boost $HO^\bullet$ generated by H_2O_2 over the B2 catalyst surface [6]. Indeed, hydroxyl radicals are produced with the help of H_2O_2 and catalyst containing iron in a Fenton process.

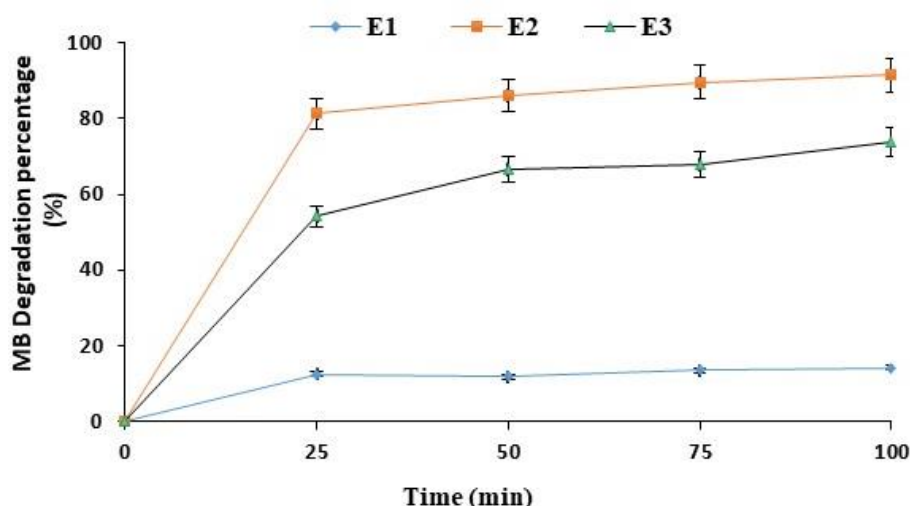


Fig. 6. Effect of H_2O_2 on the heterogeneous Fenton process with B2 catalyst. [B2 catalyst = 60g; MB solution (8.40 mg/L); $[H_2O_2] / [Fe^{2+}] = 15$; pH 2, $T = 25^\circ C$; reaction time = 100 min, E1 (MB + H_2O_2); E2 (MB + H_2O_2 + B2 catalyst); E3 (MB + B2 catalyst)]

3.6 MATHEMATICAL MODELING OF MB DEGRADATION KINETICS

3.6.1 EFFECT OF B2 CATALYST AMOUNT

indicates the pseudo-first order and pseudo-second order kinetics parameters showing kinetics improvement with the increase of B2 catalyst amount. Fig. 7 a b demonstrates that, the correlation coefficient R^2 values of ≤ 0.9000 (e.g. $R^2 = 0.8963$ to 0.8457) for 1st order model, and for the 2nd order model is ≥ 0.9000 (e.g. $R^2 = 0.9675$ to 0.9947). It clearly indicates that the 2nd order degradation kinetics model was best fitted than 1st order model. The rate constants are also significantly increased from 0.0014 - 0.0340 min^{-1} . The good agreement of the data with the pseudo-second-order kinetics model suggested that chemisorptions could be the dominant mechanism that rules the MB degradation by B2 catalyst. Contrary phenomenon has been observed in the MB degradation on laterite calcined by [6], and which 1st order degradation kinetic was best than fitted than 2nd order.

Table 1. Parameters of pseudo first order kinetic and pseudo-second kinetic model related to B2 catalyst mass for MB degradation

B2 catalyst amount (g)	Pseudo-first order kinetic		Pseudo-second order kinetic		MB degradation percentage (%)
	$k_1 (\text{min}^{-1})$	R^2	$k_2 (\text{min}^{-1})$	R^2	
20	0.0064	0.8963	0.0014	0.9675	64.42
30	0.0092	0.8802	0.0025	0.9817	76.41
50	0.0187	0.9229	0.0127	0.9869	94.68
60	0.0231	0.7846	0.0227	0.9939	96.81
70	0.0246	0.8190	0.0293	0.9944	97.11
80	0.0254	0.8457	0.0340	0.9947	98.21

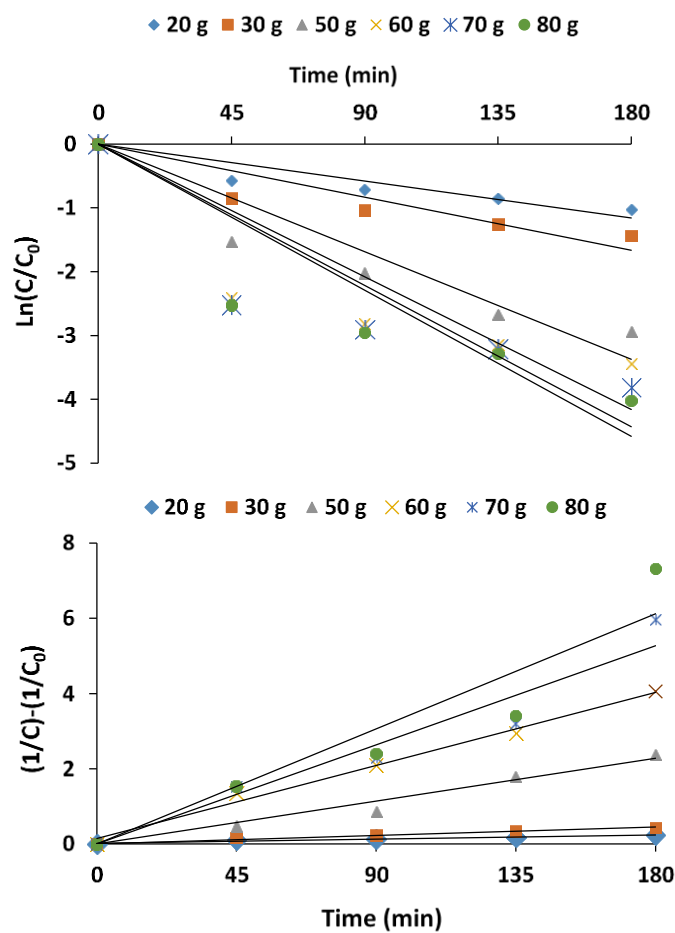


Fig. 7. Plots of kinetics degradation of MB according to pseudo-first-order (a) and pseudo-second order (b) related to B2 catalyst amount

3.6.2 EFFECT OF PH ON MB DEGRADATION

summarizes the pseudo-first order and pseudo-second order kinetics parameters showing kinetics improvement with acidics pH (2-3). The high value of the linear coefficient of determination (e.g. $R^2 = 0.9762$ to 0.9923) as shown in Fig. 8ab and also summarized in This result confirmed that the pseudo-second order kinetic model is best fitted than the pseudo-first order kinetic for evaluate the effect of pH on MB degradation. On the other hand, the highest kinetic constant ($K_2 = 0.0248 \text{ min}^{-1}$, $R^2 = 0.9762$) of heterogeneous Fenton reaction over the B2 catalyst was achieved at pH 2 with 95.14% MB degradation.

Table 2. Parameters of pseudo first order kinetic and pseudo-second kinetic model related to pH values for MB degradation using B2 catalyst

pH	Pseudo-first order kinetic		Pseudo-second order kinetic		MB degradation percentage (%)
	$k_1 (\text{min}^{-1})$	R^2	$k_2 (\text{min}^{-1})$	R^2	
2.00	0.0370	0.7587	0.0248	0.9762	95.14
3.00	0.0292	0.8832	0.0135	0.9800	92.45
7.00	0.0127	0.9069	0.0113	0.9923	90.82
10.00	0.0203	0.7325	0.0058	0.9258	80.96

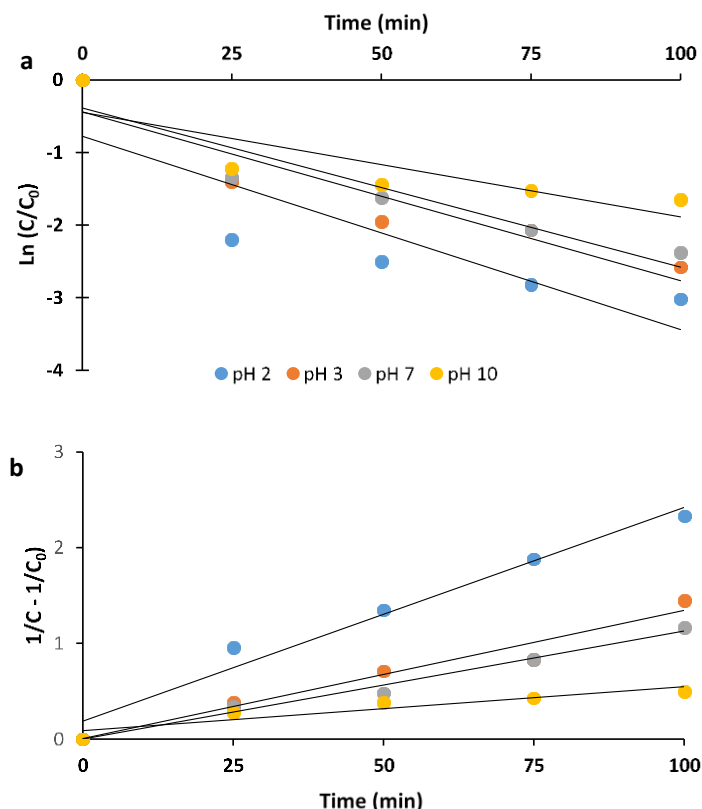


Fig. 8. Plots of kinetics degradation of MB according to pseudo-first-order (a) and pseudo-second order (b) related to pH values using B2 catalyst

3.6.3 EFFECT OF H₂O₂ ON MB DEGRADATION

summarizes the pseudo-first order and pseudo-second order kinetics parameters showing an actual kinetics improvement with the presence simultaneous of H₂O₂ and B2 catalyst in reactor. Similar to previous experiments, Fig. 9 a b shows that, the correlation coefficient R^2 values of ≤ 0.8500 (e.g. $R^2_{E1} = 0.6351$; $R^2_{E2} = 0.8023$; $R^2_{E3} = 0.8502$) for 1st order model, and for the 2nd order model is ≥ 0.9000 (e.g. $R^2_{E1} = 0.9623$; $R^2_{E2} = 0.9771$; $R^2_{E3} = 0.9559$). It clearly indicates that the 2nd order degradation kinetics model was best fitted than 1st order model. Moreover, the experiment performed in the presence of H₂O₂ and B2 catalyst (E2) has highest rate constant ($k_2 = 0.0130 \text{ min}^{-1}$) and highest MB degradation percentage (91.41%). It confirms that degradation of MB may be due to the hydroxyl radicals are produced with the help of H₂O₂ and B2 catalyst containing iron in heterogeneous Fenton process.

Table 3. Parameters of pseudo first order kinetic and pseudo-second kinetic model related to H₂O₂ for MB degradation

Experiments	Pseudo-first order kinetic		Pseudo-second order kinetic		MB degradation percentage (%)
	$k_1 (\text{min}^{-1})$	R^2	$k_2 (\text{min}^{-1})$	R^2	
E1	0.0019	0.6351	0.0002	0.9623	14.29
E2	0.0296	0.8023	0.0130	0.9771	91.41
E3	0.0156	0.8502	0.0034	0.9559	73.77

E1 (MB + H₂O₂); E2 (MB + H₂O₂ + B2 catalyst); E3 (MB + B2 catalyst)

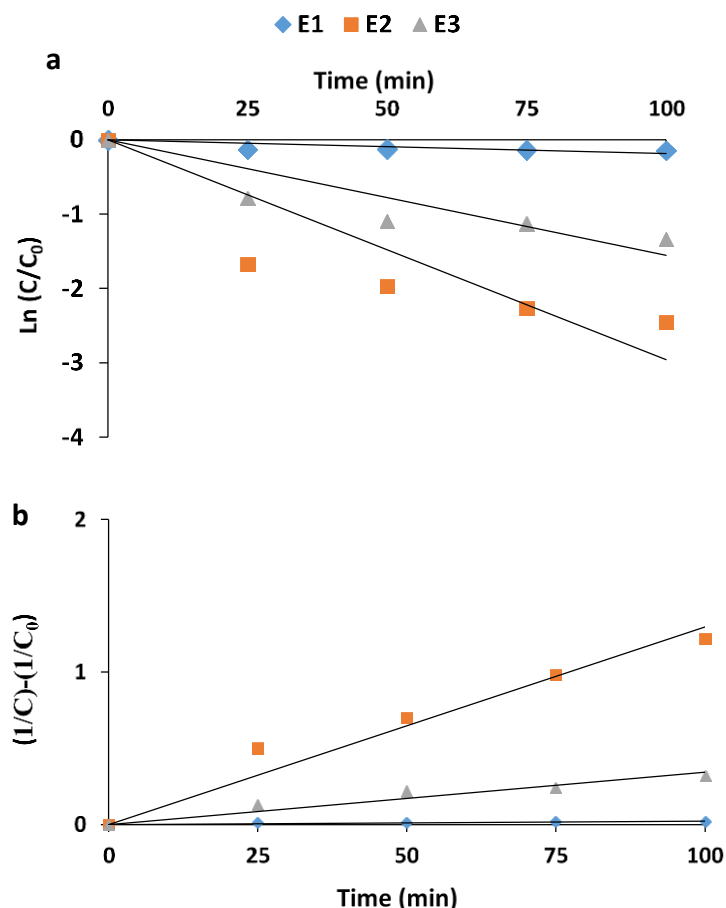


Fig. 9. Plots of kinetics degradation of MB according to pseudo-first-order (a) and pseudo-second order (b) related to H_2O_2

4 CONCLUSION

The heterogeneous Fenton catalytic oxidation experiments of kaolinite-coating laterite (B catalysts) were investigated by changing the effective factors such as amount of laterite and amount of kaolinite for Methylene Blue (MB) degradation. The results showed that B2 catalyst (30% kaolinite + 70 % laterite calcined at 600° C) exhibits the highest performance with a MB degradation rate (77%) after 100 min at room temperature conditions. Afterward, the effects of B2 catalyst amount, solution pH, and hydrogen peroxide (H_2O_2) were also studied at 100 min for analyzing the performance of B2 catalyst. The results demonstrate that more than 90% of decolorization was achieved with 60g of B2 catalyst at pH acidic (2 to 3). Moreover, higher MB degradation ($\leq 90\%$) was reported at the presence of H_2O_2 and B2 catalyst in the reactor. On contrary, only 14% of MB was adsorbed in the presence of H_2O_2 and without B2 catalyst. On the other hand, the MB degradation kinetics were performed for both pseudo-first order and second-order, it was observed that second-order kinetic ($R^2 > 0.90$) was well fitted in the treatment process. Besides, mathematical models were also built for the correlation of the kinetic constants with the pH value, H_2O_2 , and B2 catalyst mass. Based on these catalytic performances, kaolinite-coating laterite (B2 catalyst) could be used as efficient, cheap, and eco-friendly catalytic oxidation material for the degradation of MB in aqueous solution.

REFERENCES

- [1] M. Azri and D. Zeroual, "Traitement d'effluents pétrochimiques par procédés Electro-Fenton. Étude électrochimique sur la réaction de réduction d'oxygène pour la génération du peroxyde d'hydrogène," *Revue des Energies Renouvelables*, vol. 16, no. 1, pp. 11-22, 2013, <https://www.asjp.cerist.dz/en/article/121005>.
- [2] R. Gallay, *Etude de la dégradation de composés récalcitrants par le procédé photo-Fenton couplé à une biomasse immobilisée*. Mémoire de Master, Ecole polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse, p.89, 2006.
- [3] N. Kulik, M. Trapido, A. Goi, Y. Veressina, and R. Munter, "Combined chemical treatment of pharmaceutical effluents from medical ointment production," *Chemosphere*, vol.70, no. 8, pp. 1525-1531, 2008, doi: 10.1016/j.chemosphere.2007.08.026.
- [4] V. Flotron, *La réaction de Fenton comme procédé de réhabilitation dans le traitement des eaux: application à la dégradation des hydrocarbures aromatiques polycycliques dans les eaux et les boues résiduelles*. Thèse de Doctorat. Institut National Agronomique Paris-Grignon. Paris. France. p.355, 2004.
- [5] M. Trapido, T. Tenno, A. Goi, N. Dulova, E. Kattel, D. Klauson, and M. Viisimaa, "Bio-recalcitrant pollutants removal from wastewater with combination of the Fenton treatment and biological oxidation," *Journal of Water Process Engineering*, vol.16, pp. 277-282, 2017, doi: 10.1016/j.jwpe.2017.02.007.
- [6] G.M.R. Kpinsoton, H. Karoui, Y. Richardson, B.N.S. Koffi, H. Yacouba, J. Motuzas, and A. Lawane Gana, "New insight into the microstructure of natural calcined laterites and their performance as heterogeneous Fenton catalyst for methylene blue degradation. Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis," vol.124, no.2, pp. 931-956, 2018, doi: 10.1007/s11144-018-1406-0.
- [7] H.J.H. Fenton, "Oxidation of tartaric acid in presence of iron," *Journal of the Chemical Society, Transactions*, vol. 65, pp. 899-910, 1894, doi.org/10.1039/ct8946500899.
- [8] P.V. Nidheesh, "Heterogeneous Fenton catalysts for the abatement of organic pollutants from aqueous solution: a review," *RSC Advances*, vol. 5, pp. 40552-40577, 2015, <https://doi.org/10.1039/C5RA02023A>.
- [9] E.G. Garrido-Ramirez, B.K. Theng, and M.L. Mora, "Clays and oxide minerals as catalysts and nanocatalysts in Fenton-like reactions- a review," *Applied Clay Science*, vol. 47, pp.182-192, 2010, <https://doi.org/10.1016/j.clay.2009.11.044>.
- [10] A. Khataee, F. Salahpour, M. Fathinia, B. Seyyedi, and B. Vahid, "Iron rich laterite soil with mesoporous structure for heterogeneous Fenton-like degradation of an azo dye under visible light," *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, vol. 26, pp. 129-135, 2015, <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2014.11.024>.
- [11] L.S. Coulibaly, *Abattement des phosphates des eaux usées par adsorption sur des géomatériaux constitués de Latérite, Grès et schistes ardoisiers*. Thèse de Doctorat. Université Lorraine, France/Université Nangui Abrogoua, Abidjan. Côte d'Ivoire, p. 233, 2014.
- [12] L. Zhang, S. Hong, J. He, F. Gan, and Y.S. Ho, "Adsorption characteristic studies of phosphorus onto laterite," *Desalination and Water Treatment*, vol. 25, no.1-3, pp.98-105, 2011, <https://doi.org/10.5004/dwt.2011.1871>.
- [13] B. Manu, and Mahamood, "Degradation of paracetamol in aqueous solution by Fenton Oxidation and Photo-Fenton Oxidation processes using Iron from Laterite soil as catalyst," *International Journal of Earth Sciences and Engineering*, vol.4, no.6, pp. 1103-1110, 2011.
- [14] T. Koottatep, V.H.N. Phong, S.K. Chapagain, A. Panuvatvanich, C. Polprasert, and K.H. Ahn, "Potential of laterite soil coupling fenton reaction in acetaminophen (ACT) removal in constructed wetlands," *Water Air and Soil Pollution*, vol. 228, no.8, 283, 2017, <https://doi.org/10.1007/s11270-017-3454-x>.
- [15] R.D. Ouedraogo, C. Bakouan, B. Sorgho, B. Guel, and L.D. Bonou, "Characterization of a natural laterite of Burkina Faso for the elimination of arsenic (III) and arsenic (V) in groundwater," *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol.13, no. 6, pp. 2959-2977, 2019. DOI: 10.4314/ijbcs.v13i6.41.
- [16] S. Karthikeyan, A. Titus, A. Gnanamani, A.B. Mandal, and G. Sekaran, "Treatment of textile wastewater by homogeneous and heterogeneous Fenton oxidation processes," *Desalination*, vol. 281, pp.438-445, 2011, <https://doi.org/10.1016/j.>
- [17] S. Sangami, and B. Manu, "Catalytic efficiency of laterite-based FeNPs for the mineralization of mixture of herbicides in water," *Environmental Technology*, pp. 1-13, 2018, doi: 10.1080/09593330.2018.144989.
- [18] G. Zhou, Z. Chen, F. Fang, Y. He, H. Sun, and H. Shi, "Fenton-like degradation of Methylene Blue using paper mill sludge-derived magnetically separable heterogeneous catalyst: Characterization and mechanism," *Journal of Environmental Sciences*, vol. 35, pp. 20- 26, 2015, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jes.2015.01.026>.
- [19] C. Bauer, P. Jacques, and A. Kalt, "Photooxidation of an azo dye induced by visible light incident on the surface of TiO₂," *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, vol.140, pp. 87-92, 2001, [https://doi.org/10.1016/S1010-6030\(01\)00391-4](https://doi.org/10.1016/S1010-6030(01)00391-4).
- [20] J.H. Ramirez, C.A. Costa, L.M. Madeira, G. Mata, M.A. Vincent, M.L. Rojas-Cervantes, and R.M. Martin-Aranda, "Fenton-like oxidation of Orange II solutions using heterogeneous catalysts based on saponite clay," *Applied Catalysis B Environmental*, vol. 71, no.1, 44-56, 2007, DOI: 10.1016/j.apcatb.2006.08.012.
- [21] N. Duwal, S. Joshi, and J. Bhattarai, "Study on the Removable of Methylene Blue by Calcined Kamerotar Clays as an Eco-Friendly Low Cost Adsorbent," *International Journal of Advanced Research in Chemical Science*, vol.3, no.11, pp. 1-8, 2016, DOI: <http://dx.doi.org/10.20431/2349-0403.0311001>.

- [22] M.E. Becerra, A.M. Suarez, N.P. Arias, and O. Giraldo, "Decomposition of the methylene blue dye using layered manganese oxide materials synthesized by solid state reactions," *International Journal of Chemical Engineering*, pp.1-11, 2018, DOI: 10.1155/2018/4902376.
- [23] Z. Sun, C. Xiao, and F. Hussain, "Synthesis of stable and easily recycled ferric oxides assisted by Rhodamine B for efficient degradation of organic pollutants in heterogeneous photo-Fenton system," *Journal of Cleaner Production*, vol. 196, pp. 1501–1507, 2018. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.06.122.
- [24] T.-H. Le, T. H. A. Ngo, V. T. Doan, L. M. T. Nguyen, and M. C. Le, "Preparation of Manganese Dioxide Nanoparticles on Laterite for Methylene Blue Degradation," *Journal of Chemistry*, pp. 1–9, 2019, doi: 10.1155/2019/1602752.
- [25] A. R. Khataee, and S. G. Pakdehi, "Removal of sodium azide from aqueous solution by Fentonlike process using natural laterite as a heterogeneous catalyst: Kinetic modeling based on nonlinear regression analysis," *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, vol. 45, no.5, pp. 2664-2672, 2014, <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2014.08.007>.
- [26] S. Punathil, D. Ghime, T. Mohapatra, C. Thakur, and P. Ghosh, "Fixed Bed Reactor for Removal of Methylene Blue Dye Using Heterogeneous Fenton Catalyst," *Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste*, vol. 24, no.4, 04020037, 2020.
- [27] K., Gaddam, and H. M. Cheung, "Effects of pressure, temperature, and pH on the sonochemical destruction of 1, 1, 1-trichloroethane in dilute aqueous solution," *Ultrasonics Sonochemistry*, Vol.8, no.2, pp.103–109, 2001, [https://doi.org/10.1016/S1350-4177\(00\)00032-8](https://doi.org/10.1016/S1350-4177(00)00032-8).
- [28] Y. Yavuz, A. S. Koparal, A. Artık, and U. B. Ögütveren, "Degradation of C.I. basic Red 29 solution by combined ultrasound and Co²⁺–H₂O₂ system," *Desalination*, vol. 249, no.2, pp. 828–831, 2009, <https://doi.org/10.1016/j.desal.2008.10.036>.

Densité et distribution des éléphants de la forêt classée de la Bossematié (Sud-Est, Côte d'Ivoire)

[Density and distribution of elephants in the Bossematié classified forest (South-East, Côte d'Ivoire)]

Soulemame Ouattara¹, Kasse Kouadio Benoît¹, Atta Assemien Cyrille-joseph¹, Yao Kouassi Alphonse¹, Kouakou Jean-Louis², Kambire Samir Blaise¹, and Kouakou Jean Paterne¹

¹Laboratoire des Milieux Naturels et Conservation de la Biodiversité, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

²Laboratoire de Biotechnologie, Agriculture et Valorisation des Ressources Biologiques, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

Copyright © 2021 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: As part of the management plan of the Bossématié Classified Forest (BCF), a study on the density and distribution of elephants was conducted from April 03, 2017 to May 02, 2017. The line transect method has helped to improve the knowledge of elephants in this classified forest. A total of 40 layons of varying lengths were identified for data collection. Counting individuals through monitoring of elephant droppings yields densities of 16.718 elephants/km² at the end of the dry season and 28.744 elephants/km² at the beginning of the dry season. These figures suggest that there were 16 elephants in the BCF during the study period, while at least 28 individuals were present at the beginning of the dry season. Evidence of elephant presence was observed over most of the BCF. Elephant presence was most pronounced in the low-lying areas that connect the different zones. The area exploited by elephants during the study period (late dry season) is smaller than that exploited at the beginning of the dry season. The main factors negatively influencing elephant distribution in the BCF are anthropogenic activities. These activities are essentially plantations, land clearing, trails, human presence and lack of water. The results of this study should be used to improve the demographic trends of elephant populations in the CBF through regular quarterly monitoring.

KEYWORDS: Abondance, Repartition, Elephant, Bossématié Classified Forest, Côte d'Ivoire.

RESUME: Dans le cadre du plan d'aménagement de la Forêt Classée de la Bossématié (FCB), une étude portant sur la densité et la distribution des éléphants a été menée du 03 avril 2017 au 02 mai 2017. La méthode de transect linéaire a permis d'améliorer les connaissances sur les éléphants dans cette forêt classée. Au total, 40 layons de longueurs variables sont identifiés pour la collecte des données. Le dénombrement des individus à travers le monitoring des crottes des éléphants, donne des densités de 16,718 éléphants / km² en fin saison sèche et de 28,744 éléphants / km² en début saison sèche. Ces chiffres permettent d'estimer 16 éléphants dans la FCB pendant la période d'étude alors qu'au moins 28 individus s'y trouvaient en début de saison sèche. Les indices de présence de l'éléphant ont été observés sur presque toute la surface de la FCB. Leur présence est plus marquée dans les basfonds qui relient les différentes zones. La zone exploitée par l'éléphant pendant la période d'étude (fin saison sèche) est plus réduite que celle exploitée en début de saison sèche. Les principaux facteurs influençant négativement la distribution des éléphants dans la FCB sont les activités anthropiques. Ces activités sont essentiellement des plantations, des défrichements, des pistes et la présence humaine et le manque d'eau. La valorisation des résultats de cette étude par le renforcement des suivis réguliers tous les trimestres, s'avère nécessaire pour améliorer l'évolution des tendances démographiques des populations d'éléphants dans la FCB.

MOTS-CLEFS: Abondance, Répartition, Eléphant, Forêt Classée de la Bossématié, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

L'éléphant est une espèce clé des écosystèmes dans lequel il vit et son impact est très important [1], [2]. L'extinction de l'éléphant dans les forêts ombrophiles africaines entrainera une perte de 7 % de leur capacité de stockage de carbone. Ce qui mènera l'accélération du changement climatique [3]. En effet, l'éléphant participe à la dissémination des diaspores, étape essentielle de la régénération végétale, particulièrement en forêt tropicale où les chances de survie de la plantule au voisinage du pied parent sont réduites [4], [5], [6]. Egalement, le passage des graines de certaines espèces dans le tube digestif de l'éléphant contribue à améliorer la vitesse et le taux de germination et favorise la croissance des jeunes plants, notamment *Ivingia gabonensis*, *Balanites wilsoniana*, *Samanea dinklagei*, *Massularia acuminata*, etc. [7], [8], [6]. La population d'éléphant d'Afrique était de 1 200 000 individus en 1980, elle est passée à 420 000 en 2012, les prévisions estiment qu'elle sera à 200 000 individus en 2020 [9]. Soit une chute de plus de 83 % de la population entre 1980 et 2020. Au vu de ces menaces, les éléphants d'Afrique sont considérés comme vulnérables sur la liste rouge de l'IUCN [10]. Ils sont inscrits en annexe I de la conservation sur le Commerce International des Espèces de Faune et Flore sauvages Menacées d'Extinction (CITES), à l'exception des populations vivant en Afrique du sud, au Botswana, en Namibie et au Zimbabwe, qui sont inscrites en annexe II [11].

En Côte d'Ivoire, les éléphants sont essentiellement repartis dans les parcs nationaux, les réserves naturelles et les forêts classées [12], [13]. Dans le sud-est du pays, la Forêt Classée de la Bossématié (FCB) abrite encore une population résiduelle d'éléphant qui trouve dans ce milieu, un refuge idéal. En effet, les éléphants de la FCB sont encore aujourd'hui menacés par un braconnage intensif et la destruction de leur habitat [13].

La FCB est aujourd'hui, victime d'une agression agricole de plus en plus intensifiée [14], [13]. En effet, dans cette forêt, les programmes de suivi de la faune et de son habitat qui étaient en cours jusqu'au déclenchement de la crise ont été suspendus en 2002. Depuis lors, les aménagements effectués se dégradent et la forêt est de plus en plus envahie par les plantations agricoles et les braconniers [13]. Les conséquences de ces pratiques sont entre autres la disparition locale ou la raréfaction de nombreuses espèces végétales et animales [15], [16]. Ce phénomène constitue une véritable difficulté pour la conservation des ressources naturelles au niveau national et en particulier, la gestion de la biodiversité dans les forêts classées. Pourtant, il est admis que la gestion durable des ressources naturelles d'un milieu dépend non seulement d'une meilleure connaissance de la diversité de ses éléments constitutifs, mais également de leurs abondances. A cela, il faut ajouter les valeurs de régénération et de conservation de certaines composantes de cette biodiversité [17], [6].

La présente étude a pour objectif de faire l'état des lieux de la conservation des éléphants pour la conception du plan d'aménagement de cette forêt. Elle permettra spécifiquement de déterminer la densité et l'effectif des éléphants dans la Forêt classée de Bossématié, de produire une carte de distribution des éléphants dans la Forêt classée de Bossématié et d'identifier les principaux facteurs écologiques et anthropiques influençant la distribution ou la migration de ces éléphants.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 SITE D'ETUDE

La forêt classée de Bossématié a une superficie de 21553 hectares [18]. Elle est située dans la région de l'Indénié-Djuablin qui a pour chef-lieu de région Abengourou. Elle se trouve entre les latitudes nord 703000 et 722000 et les longitudes ouest 436000 et 456000. Le climat est de type équatorial avec quatre saisons plus ou moins bien marquées, dont deux saisons pluvieuses et deux saisons sèches [19]. La végétation est une forêt dense semi-décidue secondarisée. Cette forêt ne renferme pas de cours d'eau permanent. Elle est irriguée saisonnièrement par la rivière Bossématié dans sa partie Ouest et reçoit quelques affluents de la rivière Manzan qui la côtoie à l'est. Cette forêt est dense à semi-décidue dans sa partie septentrionale où les végétations caractéristiques sont dominées par les espèces végétales comme l'iroko (*Chlorophora excelsa*), le fromager (*Ceiba pentandra*), l'ilomba (*Pycnanthus angolensis*), le makoré (*Tieghemella heckelii*) [20], [21]. Cependant, la partie méridionale de cette forêt dense, humide et sempervirente est bien marquée par les espèces végétales dominées par le niangon (*Tarrietia utilis*), l'acajou Bassam (*Khaya ivorensis*), l'avodiré (*Turraeanthus africanus*), et le framiré (*Terminalia ivorensis*) [20], [21]. La faune de la FCB est diversifiée. On y rencontre les Mammifères, dont les Proboscidiens, les Cétartiodactyles, les Chiroptères et les Rongeurs qui sont très fréquents; les Oiseaux dont les pintades, les francolins et les touracos forestiers, les reptiles et autres petits animaux du genre des mollusques, des insectes qui pullulent dans les différents milieux [22], [23], [24], [13]. La destruction de l'habitat a créé une mosaïque de forêts dégradées avec peu de grands arbres fruitiers et de nombreuses clairières (parc à bois) au sol nu. Les formations géologiques sont dominées par des roches métamorphiques, schistes et grès. Les sols sont de type ferralitique moyennement dénaturé au niveau de la région [25].

2.2 ESTIMATION DES DENSITES D'ÉLEPHANTS

En forêt, l'estimation des densités d'éléphants se fait par des observations indirectes de comptage des crottes. C'est la méthode la plus adaptée en forêt parce que la visibilité y est très réduite et les animaux y sont devenus très farouches par le braconnage. Pour se faire, le comptage des crottes est d'abord fait sur des layons virtuels à largeur variable comme décrit par [26], [27], [28], [29], [30]. Ensuite la densité des crottes est calculée à l'aide du logiciel DISTANCE 7.0. [31]. Les inventaires sont réalisés sur des layons virtuels équidistants d'un kilomètre (l'un de l'autre). Ces layons sont orientés dans la direction est-ouest. La principale route traversant la forêt a été utilisée comme ligne de base des layons. Cette route part du nord au sud de la forêt. Elle se divise en deux grands tronçons à partir du centre de la forêt. L'un des deux tronçons va vers Blékoum et Mafia et l'autre va vers Bébou (Figure 1). Ainsi, une ligne de base est utilisée au Nord et deux lignes de base le sont au Sud. Cette disposition des layons est faite dans le souci de réduire les longues distances de marche des équipes d'inventaire. C'est au total 40 layons de longueurs variables qui sont identifiées (Figure 1) pour la collecte des données. Le parcours de quatre autres layons pour la récolte de données complémentaires a été nécessaire pour la récolte de données complémentaires. Chaque layon est parcouru à partir d'un point de départ précis sur la ligne de base. Ce point de départ est repéré par navigation à l'aide du GPS et de la boussole. A partir de ce point et à l'aide du GPS ou de la boussole, les enquêteurs marchent lentement en ligne droite selon une direction bien prédéterminée. Ils regardent le sol de chaque côté du layon. Lorsqu'ils aperçoivent un tas de crottes d'éléphant ou un objet intéressant (traces d'animaux, pièges, etc.), ils renseignent la fiche de collecte des données. Les principales informations à mentionner sont: la longueur du layon, lue sur le GPS, la distance perpendiculaire qui sépare la crotte de l'axe principal du layon mesuré à l'aide d'un ruban mètre en acier, les coordonnées géographiques données par le GPS, le stade de dégradation des tas de crottes. Ces états de dégradation des tas de crottes sont décrits en quatre étapes:

- Niveau S1: toutes les boules sont intactes dans la crotte;
- Niveau S2: une partie des boules est désintégrée;
- Niveau S3: aucune boule n'est intacte;
- Niveau S4: la crotte ne contient plus de matière fécale, seuls les débris végétaux sont présents.

D'autres informations sont également collectées sur le layon. Il s'agit notamment des facteurs écologiques biotiques ou abiotiques susceptibles d'influencer la distribution des éléphants dans le milieu. C'est notamment de: la végétation, le type de sol et la topographie, l'hydrographie et les indices de présence humaine. Des crottes recensées sur les layons ont permis à l'estimation des densités absolues des éléphants en utilisant le logiciel Distance 7.0 [28]. Pour calculer la densité des crottes avec le programme Distance, le modèle de sélection basé sur le critère d'information d'Akaike (AIC) tel que recommandé par [28] est utilisé. Le modèle qui présentait le plus petit AIC est retenu. L'Indice Kilométrique d'Abondance (IKA) est utilisé pour l'estimation des abondances des indices d'agression des éléphants. L'IKA se calcule en divisant le nombre total d'observation de l'objet (n) par la distance totale (l) parcourue (en kilomètre): $IKA = n / l$

La conversion des densités de crottes en densités des éléphants est possible en utilisant les facteurs de conversion constitués du taux de production et de dégradation des crottes. Ces deux paramètres ont été calculés lors des études conduites par [32], [33]; [12], [34].

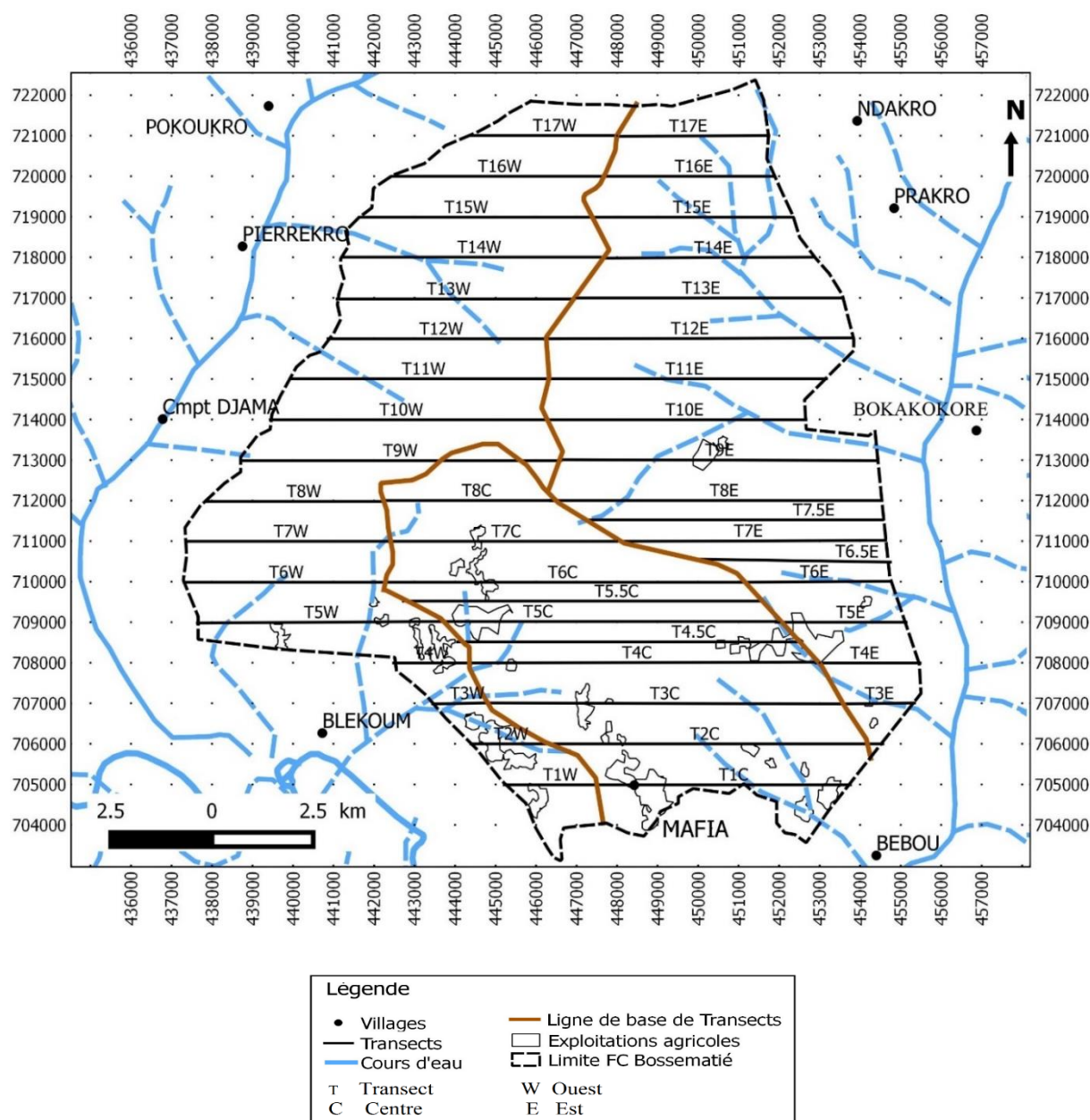


Fig. 1. Disposition et répartition des layons d'inventaire des éléphants dans la forêt classée de la Bossematié

2.3 DISTRIBUTION DES ÉLÉPHANTS

Afin de documenter la distribution spatiale des éléphants, les différents signes de présence (crottes, empreintes de sabot et traces de nourrissage) ont été relevés sur les fiches et encodés dans une base de données. Les indices Kilométriques d'Abondance (IKA) par transect ont été calculés, puis géoréférencés et projetés sur la carte du parc à l'aide du logiciel QGIS 2.18.23 permettant ainsi de réaliser les cartes de distribution et de connaître la répartition géographique des éléphants au sein de la FCB. Les densités relatives des éléphants ont été calculées grâce à l'indice kilométrique d'abondance et ont été encodées dans la base de données géoréférencée à l'aide d'un système d'information géographique (SIG) [35].

2.4 CARTOGRAPHIE DES ACTIVITES HUMAINES DANS LA FORET CLASSEE DE BOSSEMATIE

Pour documenter la distribution spatiale des activités humaines, les indices ont été relevés sur les fiches et encodés dans une base de données. Les indices Kilométriques d'Abondance (IKA) par transect ont été calculés, puis géoréférencés et projetés sur la carte de la forêt à l'aide du logiciel QGIS 2.18.23.

2.5 ANALYSE STATISTIQUE

L'analyse de variance ANOVA suivie d'une série de test post-hoc a permis de comparer les données d'abondance (IKA) des crottes recensées dans chaque zone (A, B, C et E) définies suivant leur période de parcours.

3 RESULTATS

3.1 EFFECTIF DES ÉLÉPHANTS DANS LA FORET CLASSEE DE BOSSEMATIE

Les indices de présence (Figure 2) des éléphants ont été rencontrés un peu partout dans la FCB. Sur les 40 layons parcourus, 220 tas de crottes ont été recensés. Parmi ces tas de crottes, se trouvent seulement 47 dans les stades A et D (niveau S1 et S3). Le Logiciel d'analyse DISTANCE exigeant une moyenne minimale de 120 tas de crottes pour une analyse optimale, un sondage complémentaire a été nécessaire dans les zones de présence des éléphants. Ce sondage complémentaire est fait sur 4 layons et 98 autres tas de crottes des niveaux de dégradation S1 à S3 ont été collectés. Ainsi, ont été enregistrés, 145 tas de crottes des niveaux S1 à S3 et 318 tas de crottes de tous les niveaux de stades confondus. Les tas de crottes des niveaux S1 à S3 donc plus récents, ayant été rencontrés dans la partie sud-est de la FCB notamment, entre le layon 4 et le layon 8, les layons complémentaires (T7.5, T6.5, T5.5 et T4.5) ont été implantés dans cette zone (layons 4 à 8). Ces layons sont à une équidistance de 500 mètres des premiers. Par ailleurs, un troupeau d'éléphants comprenant trois petits groupes évoluant à environ 200 mètres l'un de l'autre, a été rencontré sur le layon 5 et le layon 4.5 complémentaire se trouvant entre le layon 5 et le layon 6. Sur ce dernier, sept individus ont été vus dans un de ces trois petits groupes. Dans l'analyse des données, les tas de crottes des stades A à D (niveau S1 à S3) ont été traités considérés comme des crottes produites en saison sèche alors que les tas de crottes du stade E (niveau S4) ont été considérés comme déposés en fin de saison des pluies. Sur cette base, l'analyse des données par le logiciel DISTANCE 7.0 donne les résultats présentés dans le tableau I. Suivant ces estimations, il y avait 16 éléphants dans la FCB pendant la période d'étude alors qu'au moins 28 individus s'y trouvaient en début de saison sèche.

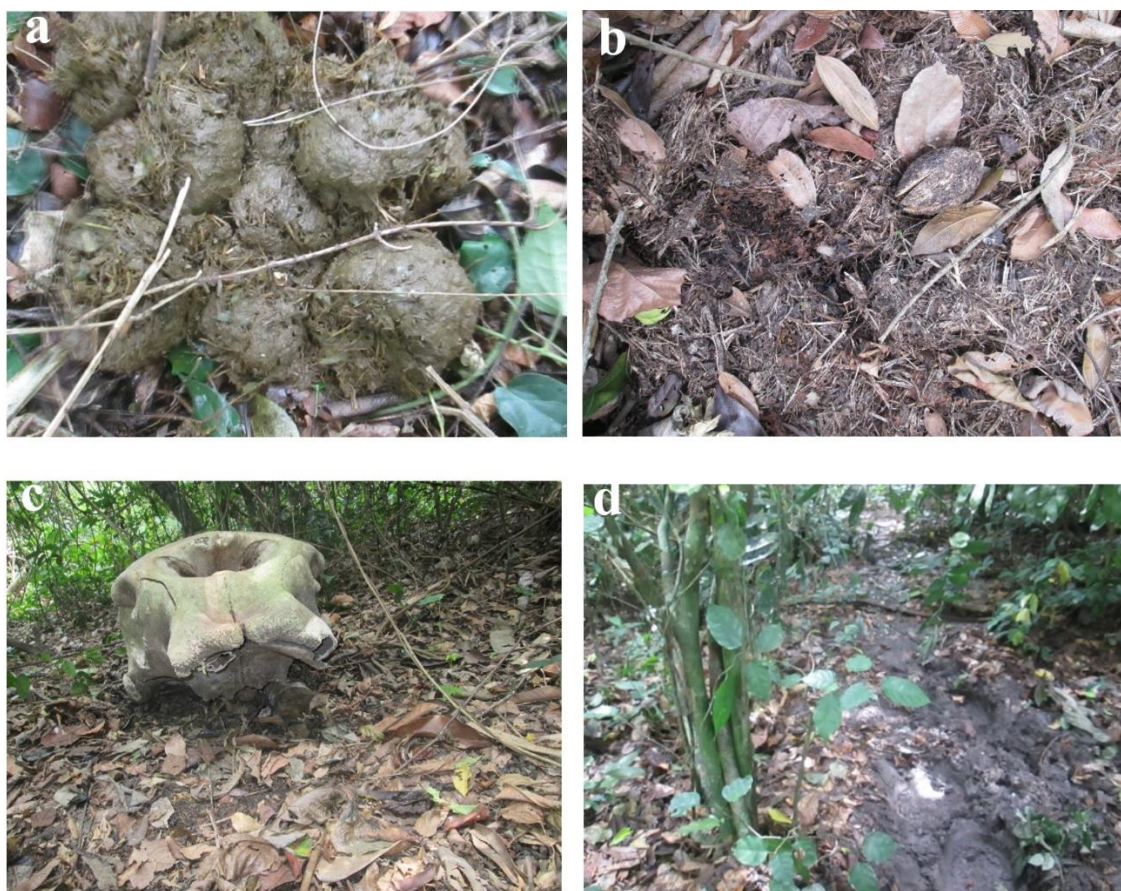


Fig. 2. Indices de présence des éléphants dans la Forêt classée de la Bossématié. a: crotte de stade 1; b: crotte de stade 4; c: crâne d'un éléphant; d: passage d'un éléphant

Tableau 1. *Résultats des estimations de densités des éléphants par le logiciel DISTANCE version 7.0*

Saison	Estimation des densités	Erreur standard	Coefficient de variation (%)	Intervalle de confiance à 95 %
Fin saison sèche 2017	16,718	7.4394	44,5	[7,098 - 39,373]
Début saison sèche 2017	28,744	7,599	26,44	[17,038 - 48,495]

3.2 DISTRIBUTION DE L'ÉLEPHANT DANS LA FORÊT CLASSÉE DE BOSSEMATIE

Les indices de présence de l'éléphant ont été observés sur presque toute la surface de la FCB (Figure 3). Leur présence est plus marquée dans les basfonds qui relient les différentes zones. La zone exploitée par l'éléphant pendant la période d'étude (fin saison sèche) est plus réduite (Figure 4) que celle exploitée en début de saison sèche (Figure 3). En effet, cinq (5) zones (A à E) ont été définies suivant l'ordre chronologique de parcours des layons. Les crottes récentes d'éléphants ont été plus observées dans les zones D et E (Figure 4). L'analyse de variance ANOVA réalisée sur les données d'abondance (IKA) des crottes recensées dans chaque zone (A, B, C et E) définies suivant leur période de parcours, montre qu'il y a une différence entre les zones de fréquentation des éléphants ($F= 5,656$; $ddl = 4$; $P= 0,001$). La zone D apparaît comme la plus fréquentée par les éléphants pendant la saison sèche. Les éléphants résident donc plus dans la zone D que la zone E. Ils transitent par cette dernière zone lorsqu'ils quittent les plantations limitrophes après leurs maraudes pour se mettre en sécurité dans la zone D.

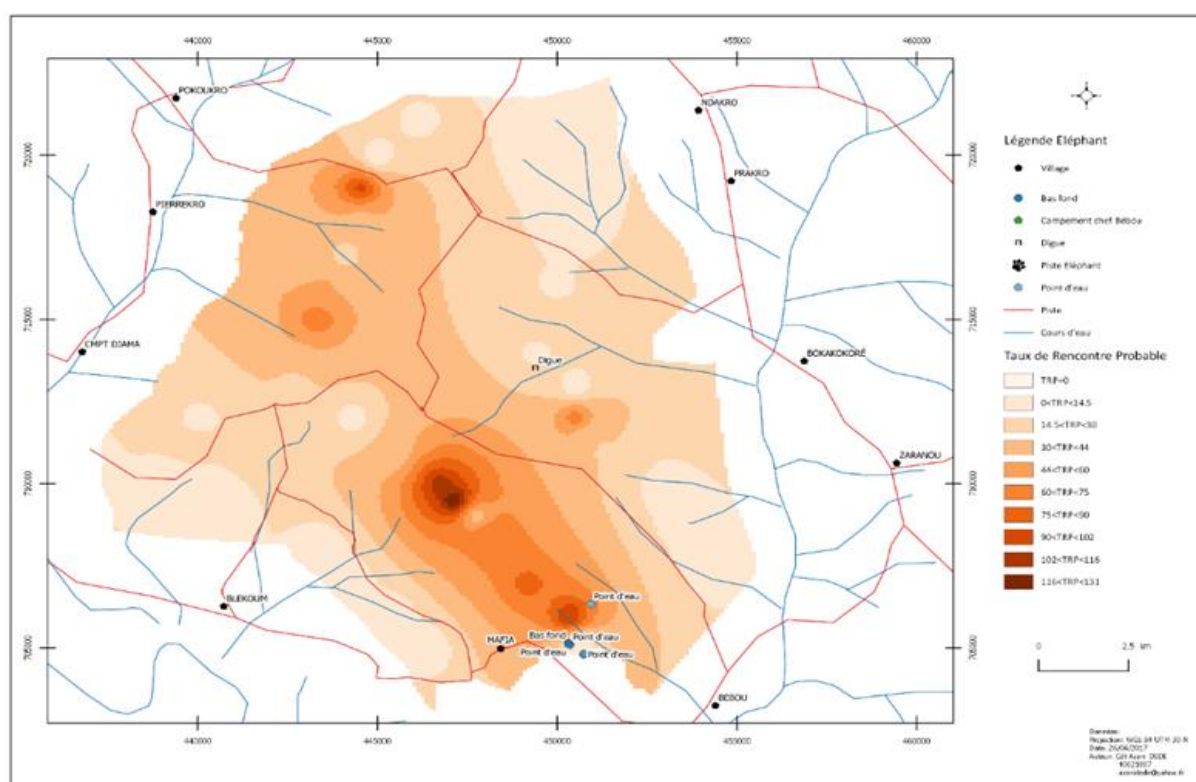


Fig. 3. Carte de Distribution des éléphants dans la FCB

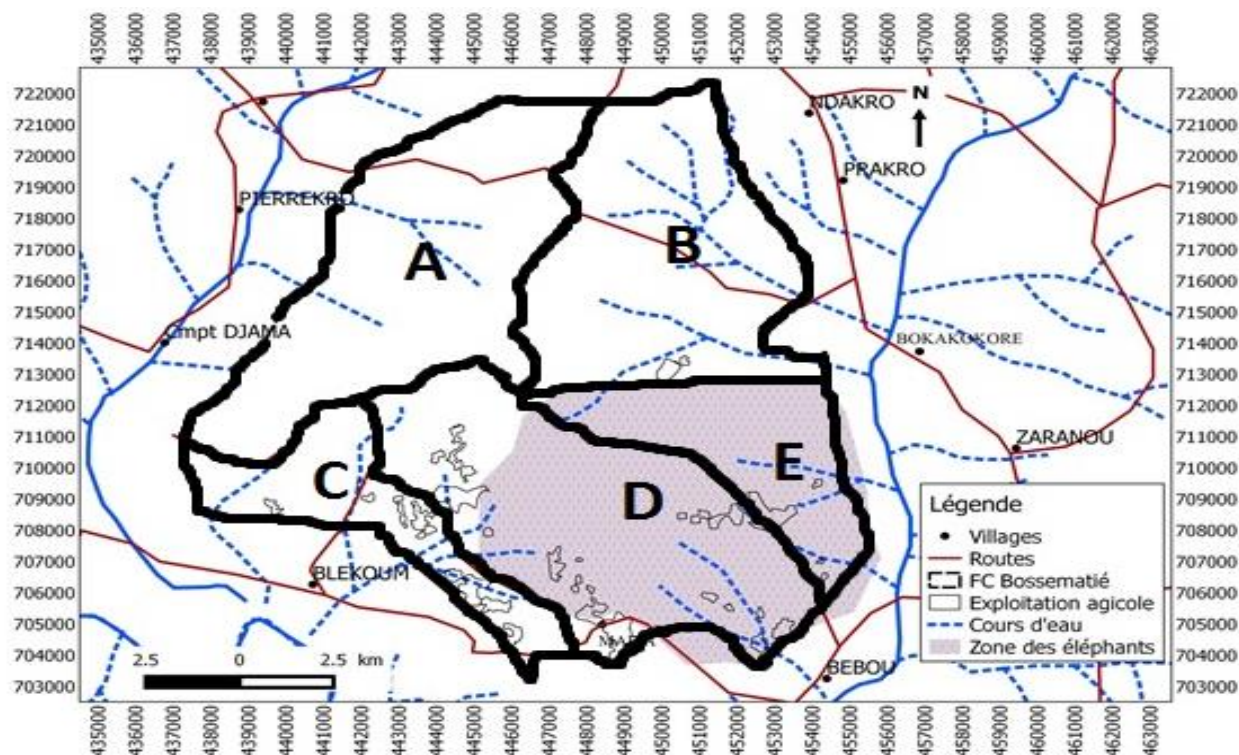


Fig. 4. Zone de distribution des éléphants pendant la période d'étude

3.3 FACTEURS INFLUENÇANT LA DISTRIBUTION DES ÉLÉPHANTS DANS LA FORET CLASSEE DE BOSSEMATIE

La figure 5 présente les IKA des principaux facteurs qui influencent négativement la distribution de la faune. Aux premiers constats, les principaux facteurs influençant négativement la distribution ou la migration des éléphants dans la FCB sont les activités anthropiques. Ces activités sont essentiellement des plantations, des défrichements, des pistes et la présence humaine et le manque d'eau (absence de cours d'eau ou de points d'eau permanents) (Figure 6).

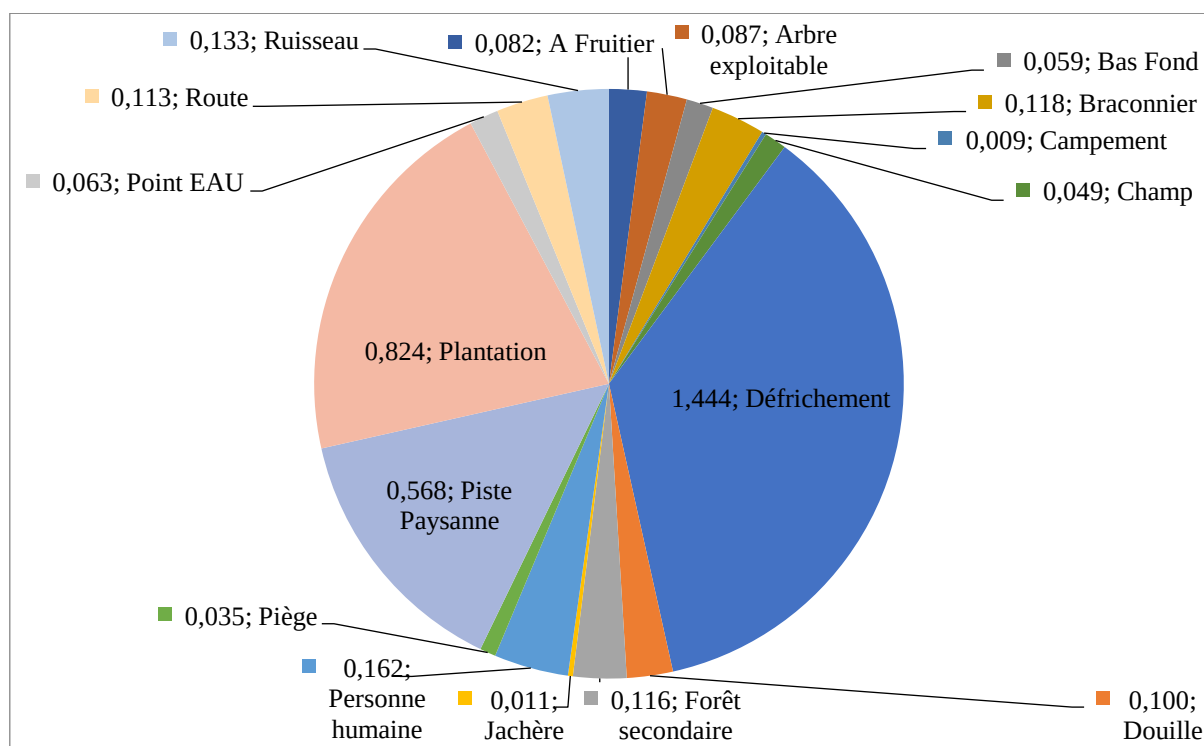


Fig. 5. Indices kilométriques d'abondance de certains facteurs pouvant influencer la distribution des éléphants dans la FCB

4 DISCUSSION

L'effectif de la population des éléphants a été estimé après avoir parcouru l'essentiel des layons sur les deux saisons. Pour la saison sèche, un effectif de 16 individus et un effectif de 28 individus ont été recensés pendant la saison pluvieuse. La comparaison de cet effectif (27 à 33 individus) à celui de la présente étude (28 individus) montre que l'effectif est presque le même après 22 ans ou est même légèrement en baisse. Le faible effectif (16) des populations d'éléphants traduit une absence prolongée (par migration) de nombreux individus de ces animaux de la FCB pendant la saison sèche. Cette réduction de l'effectif est aussi liée au braconnage de ces animaux dont cinq carcasses ont été vues et deux cas d'abattages ont été signalés pendant la période d'étude alors qu'un effectif moyen de 28 individus s'y trouvait en saison des pluies. Ces valeurs sont proches à celles de [14] et [34] qui ont estimé une population de 27 à 33 éléphants sur la base de données récoltée à partir de 1995. La stabilité ou la réduction de cet effectif (33 à 28) d'éléphant constaté après 22 ans est aussi liée au braconnage de ces animaux. La population d'éléphants de la FCB qui a un effectif moyen de 28 individus est qualifiée de population génétiquement pas viable. Les effectifs minima des populations viables d'éléphants de forêt sont estimés à 50 individus [36]. Cependant, cette situation peut être améliorée par la connexion de la Forêt Classée de la Bossématié à la Forêt Classée de la Béki par un corridor. L'utilisation de ce corridor par ces animaux peut favoriser un brassage des populations d'éléphants de ces deux blocs forestiers et diminuer le taux de consanguinité. Ce phénomène de réduction de la consanguinité peut être encore amélioré de façon significative par l'établissement d'autres corridors avec des forêts plus ou moins proches, notamment la Forêt Classée de Diambarakro et certaines forêts voisines au Ghana. L'un des facteurs le plus importants du dérangement est le braconnage. Le braconnage est très pratiqué dans toute la forêt. Les observations de braconniers (0,118), personnes (0,162), pièges (0,035), douille (1,000), défrichement (1,444) de plantations (0,824) et pistes paysannes (0,568) témoignent un dérangement maximum de la forêt. La destruction de l'habitat par la présence d'homme dans les plantations et les zones de défrichements est très néfaste à la tranquillité des animaux. Elle réduit le nombre et la densité des espèces végétales consommées par les animaux. La fréquence des défrichements est très élevée et celle des essences commerciales à diamètres exploitables semble faible. La régénération naturelle de la forêt est certes encore possible si nous nous basons sur les résultats des études réalisées dans les forêts semi-décidues en Côte d'Ivoire [37], [38]. Mais, cette régénération semble très lente et est peu rentable pour une forêt de production. La fréquence des arbres fruitiers (0,082) consommés par les éléphants est jugée très faible. Ces espèces ne sont pas épargnées par les défrichements qui ravagent toute la forêt. Vu la vitesse de croissance des surfaces défrichées et tenant compte de la vitesse de développement des variétés actuelles de cacao, il y a des chances que' en cinq ans, la FCB soit occupée en grande partie par des cacaoyers en production comme cela est arrivé à la forêt classée de Monogaga. La qualité de l'habitat qu'offre la FCB aux éléphants est aujourd'hui qualifiée de préoccupante. Tous les points d'eau (0,063) et les ruisseaux (0,133) recensés dans la FCB au cours de cette étude ont tari. Les cours d'eau permanents, la Bossématié à l'ouest et le Manzan à l'est, coulent plus loin, à un ou deux kilomètres de la FCB. Cette situation provoque un déplacement des éléphants

à la recherche de l'eau pendant cette période. Les seuls points d'eau permanents exploités sont ceux qui se trouvent dans le sud de la forêt, vers le village Bébou. La fréquentation de cette région de la forêt entraîne des intrusions d'éléphants dans les plantations où les cabosses de cacao, les mangues, la banane et les tubercules cultivés, riches en eau, sont très consommés. Cela engendre de nombreux conflits homme-éléphant conduisant à l'abattage illicite de ces mastodontes. L'approvisionnement en eau de la FCB est donc mauvais. La construction de retenue d'eau dans les bas-fonds réduirait de façon sensible cette pénurie d'eau. Aucune récente présence d'éléphant n'a été constatée à la digue. Cette retenue d'eau est tarie et ne joue plus son rôle de maintien de ces animaux dans la forêt en saison sèche. Des indices de braconnage (cornes d'antilope et camps de braconniers) ont été constatés autour de la digue.

5 CONCLUSION

La forêt classée de Bossématié est en train de perdre sa bataille contre ses ennemis les plus destructeurs. Son sous-bois est déjà défriché sur presque toute sa superficie. Si rien n'est fait pour l'empêcher, le feuillage de la canopée supérieure et les rideaux de forêt le long des pistes forestières disparaîtront d'ici peu, dans les deux années à venir. Des travaux de sylviculture sont certainement en cours de réalisation. Mais, ces activités sylvicoles seront difficiles à poursuivre si les délinquants, destructeurs illicites des forêts, arrivent à s'installer et deviennent les nouveaux "propriétaires fonciers" de la FCB comme cela a été déjà constaté dans la Forêt classée de Monogaga. La population d'éléphants de la FCB et son habitat sont aujourd'hui très menacés. Les riverains annoncent qu'un abattage d'éléphant est entendu chaque trimestre. Les efforts de protection et d'aménagement sont à prendre pour sauvegarder cette population d'éléphant et son habitat et partant donc toute la FCB. L'érection d'une zone de protection intégrale dans la Zone A avec la construction d'une retenue d'eau à la confluence des bas-fonds est opportune pour la sauvegarde des éléphants.

REFERENCES

- [1] J. Poole, "L'éléphant d'Afrique. In: L'étude des éléphants, Edité par Kangwana K., 7, Nairobi (Kenya)", pp.154, 1996.
- [2] P. Bouché, "Evolution des effectifs des populations d'éléphants d'Afrique soudano-sahélienne: enjeux pour leur conservation". Thèse de Doctorat en sciences agronomiques et ingénierie biologique, Université de Liège-Gembloux Agro-Bio Tech, pp. 78, 2012.
- [3] F. Berzaghi, M. Longo, P. Ciais, S. Blake, F. Bretagnolle, S. Viera, M. Scaranello, G. Scarascia-Mugnozza and C. E. Doughty, "Carbon stocks in central African forests enhanced by elephant disturbance", *Nature Geoscience*, vol. 12, pp. 725-729, 2019.
- [4] D. H. Jansen, "Herbivores and the number of tree species in tropical forests", *The American Naturalist*, vol. 104, no. 940, pp. 501-528, 1970.
- [5] J-L. Guillaumet et C. Boesch, "Le Parc national et la protection de la nature. In: Recherche et aménagement en milieu forestier tropical humide: le projet Tai de Côte d'Ivoire. Guillaumet J-L., Courtois G. et Dosso H., UNESCO, Paris, France", pp. 207-216, 1984.
- [6] D. Kouamé, C. Y. A. Yao, A. Nandjui et E. K. N'guessan, "Le rôle de l'éléphant dans la germination des graines de *Irvingia gabonensis* (Irvingiaceae), *Balanites wilsoniana* (Balanitaceae), *Parinari excelsa* (Chrysobalanaceae) et *Sacoglottis gabonensis* (Humiriaceae) en forêt tropicale: cas du Parc National d'Azagny". *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 4, no. 5, pp. 1442-1454, 2010.
- [7] D. Y. Alexandre, "Le rôle disséminateur des éléphants en forêt de Tai, Côte d'Ivoire". *Terre et vie*, vol. 32, pp. 47-72, 1978.
- [8] D. Kouamé, "Rôle des animaux frugivores dans la régénération et la conservation des forêts: cas de l'éléphant, *Loxodonta africana cyclotis*, 1900 (Elephantidae), dans le Parc National de d'Azagny au Sud de la Côte d'Ivoire". Thèse de Doctorat en Ecologie Végétale, Option: Forestière, Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, pp. 134, 2009.
- [9] F. Maisels, S. Strindberg, S. Blake, G. Wittemyer, J. Hart, E. A. Williamson, R. Aba'a, G. Abitsi, R. D. Ambahe and F. Amsini, "Devastating decline of forest elephants in Central Africa". *PloS one*, vol. 8, no. 3, pp. 59-69, 2013.
- [10] J. "Blanc, *Loxodonta africana*. The IUCN red list of threatened species 2008. Version 2017-3". www.iucnredlist.org. Downloaded on 27 July 2020, 2008.
- [11] CITES, "Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction", Annexes I, II et III, pp. 75, 2017.
- [12] O. Soulemame, "Ecologie et comportement de *Loxodonta africana cyclotis* (Matschie, 1900) Elephantidae, dans la forêt classée du Haut-Sassandra. Université de Cocody – Abidjan Côte d'Ivoire". pp. 159, 2000.
- [13] O. Soulemame, "Inventaires des éléphants de la forêt classée de la Bossématié (Côte d'Ivoire) pour un aménagement de production". Rapport, pp. 44, 2017.
- [14] J. Theuerkauf, H. Ellenberg, W. E. Waitkuwait and M. Mühlenberg, "Forest elephant distribution and habitat use in the Bossematié Forest Reserve, Ivory Coast". *Pachyderm*, vol. 30, pp. 37-43, 2001.
- [15] A. E. Bitty, S. Gonedele Bi, K. J. C. Koffi Bené, K. P. Kouassi and W. S. McGraw, "Cocoa farming and primate extirpation inside Côte d'Ivoire's protected areas". *Mongabay.com Open Access Journal - Tropical Conservation Science*, vol. 8, no. 1, pp. 95-113, 2015.

- [16] J. N. Kassi, Y. Tuo et I. C. Zo-Bi, "Diversité floristique et infiltration humaine de la forêt classée de la Besso (Côte d'Ivoire)". *Journal of Applied Biosciences*, vol. 114, pp. 11299-11308, 2017.
- [17] C. Y. Adou Yao, "Pratiques paysannes et dynamiques de la biodiversité dans la forêt classée de Monogaga (Côte d'Ivoire)". Thèse Doctorat unique, Département Hommes Natures et Société, Université MNHN, Paris, France, pp. 233, 2005.
- [18] SODEFOR., "Plan d'aménagement de la Forêt classée de Bossématié: 1994-2015. Version décembre 2002". SODEFOR. pp. 97, 2002.
- [19] H. J. Wöll, "Le Projet Réhabilitation de la Forêt Classée de Bossématié, Côte d'Ivoire, région d'Abengourou". *Tropenbos Série*, vol. 1, pp. 16-31, 1992.
- [20] J. L. Guillaumet et E. Adjanohoun, "La végétation de la Côte d'Ivoire. In J.-M. Avenard, M. Eldin, G. Girard, J. Sircoulon, P. Touchebeuf, J.-L. Guillaumet, E. Adjanohoun et A. Perraud (Éd.), *Le milieu naturel de Côte d'Ivoire*", Mémoires ORSTOM, vol. 50, pp. 161-263, 1971.
- [21] L. Aké-Assi, "Impact de l'exploitation forestière et du développement agricole sur la conservation de la diversité biologique en Côte d'Ivoire". *Le Flamboyant*, vol. 48, pp. 85-87, 1998.
- [22] H. J. Wöll, "Le Projet Réhabilitation de la Forêt Classée de Bossématié, Côte d'Ivoire, région d'Abengourou". *Tropenbos Série*, vol. 1, pp. 16-31, 1992.
- [23] J. Theuerkauf, W.E. Waitkuwait and Y. Guiro, "Group structure of forest elephants in moist semi-deciduous Bossématié Forest Reserve, Ivory Coast". *African Journal of Ecology*, vol. 38, pp. 258-266, 2000.
- [24] K. H. Yaokokoré-Beibro, "Avifaune des Forêts Classées de l'est de la Côte d'Ivoire: données sur l'écologie des espèces et effet de la déforestation sur les peuplements. Cas des Forêts Classées de Béki et de la Bossématié (Abengourou)". Thèse de doctorat de l'Université de Cocody, Abidjan, pp. 292, 2001.
- [25] M. Eldin, "Le climat. In: *Le milieu naturel de Côte d'Ivoire*". Mémoires ORSTOM, vol. 50, pp. 73-108, 1971.
- [26] K.P. Burnham, D. R. Anderson and J. L. Laake, "Estimation of density from line transect sampling of biological populations". *Wildlife Monograph*, vol. 72, pp. 202, 1980.
- [27] S. T. Buckland, D. R. Anderson, K. P. Burnham and J. L. Laake, "Distance sampling: Estimating abundance of biological populations Chapman an. (London: Chapman and Hall)". 1993.
- [28] S. T. Buckland, D. R. Anderson, K. P. Burnham, J. L. Laake, Borchers D. L. and L. Thomas, "Introduction to distance sampling: estimating abundance of biological populations". Oxford University Press. 2001.
- [29] S. Dawson and A. J. F. M. Dekker, "Counting Asian elephants in Forests. A techniques Manual for Methods Endorsed at the International Workshop on Censusing Elephants in Forests". 1992.
- [30] R. F. W. Barnes and K. L. Jensen, "How to count elephants in forest. IUCN African Elephant & Rhino Specialist Group Technical". *Bulletin*, vol. 1, pp. 1-6, 1987.
- [31] L. Thomas, J. L. Laake, S. Strindberg, F. F. C. Marques, S. T. Buckland, D. L. Borchers, D. R. Anderson, K. P. Burnham, S.L. Hedley and Pollard J. H. Pollard, "Distance 4.0, Release 1. Research Unit for Wildlife Population Assessment, University of St. Andrews, U.K". 2002.
- [32] L. P. Wing and I. O. Buss, "Elephant and forests". *Wildlife Monographs*, vol. 19, pp. 1-92, 1970.
- [33] J. Theuerkauf, "Qualité de la Forêt Classée de la Bossématié et aménagement de l'espèce - cible: l'éléphant de forêt. SODEFOR/GTZ, Abengourou/Côte-d'Ivoire". pp. 34, 1995.
- [34] J. Theuerkauf and R. Gula, "Towards standardisation of population's estimates: defecation rates of elephants should be assessed using a rainfall model". *Annal Zoology Fennicied*, vol. 47, pp. 398-402.
- [35] M. N. Tchamba, P. C. Fondja Hendji, R. B. Weladji et G. M. "Etoga, Abondance et distribution des grands singes et des activités humaines dans le Parc National de Campo Ma'an, Sud Cameroun". *Tropicultura*. pp. 3-11, 2015.
- [36] R. Sukumar, "Minimum Viable Populations for elephant conservation". *GAJAH*, vol. 11. pp. 48-52, 1993.
- [37] O. M. M. A. Adingra et J. N. KASSI, "Diversité floristique, structure et dynamique des jachères post-culturelles de la forêt classée de Bamo Côte d'Ivoire". *Agronomie africaine*, vol. 28, no. 1, pp. 24-32, 2016.
- [38] K. H. Kouassi, K. N'guessan, G. M. Gnahoua et D. Traoré, "Dynamique de *Chromolaena odorata* et évolution de la richesse floristique au cours de la reconstitution de la fore post-culturelle en zone de forêt semi-décidue de Côte d'Ivoire". *Agronomie africaine*, vol. 20, no. 3, pp. 257-265, 2008.

Impacts des banquettes et demi-lunes forestières sur les caractéristiques physico-chimiques du sol et la diversité végétale spontanée dans l'Ouest nigérien

[Impacts of forest banquettes and half-moons on the physicochemical characteristics of the soil and spontaneous plant diversity in western Niger]

Amani Abdou¹, Adam Issifou¹, Barma Soukaradji², Abdourahaman Elh Moudi Moustapha¹, and Mahamane Ali²

¹Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN), BP 429 Niamey, Niger

²Université de Diffa, Institut Supérieur en Environnement et Écologie, BP: 78, Diffa, Niger

Copyright © 2021 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: Forest banquettes and half-moon techniques associated with plantations of woody species are commonly used in Niger to restore degraded lands. To assess the impacts of these anti-erosion structures on the physicochemical characteristics of the soil and plant diversity, an experimental study was carried out in the rural commune of Simiri on a plateau site fitted out with a forest banquette and a glacié site with forest half-moons. An undeveloped control zone was considered for each restoration site. The soil moisture at the structures was regularly recorded for 30 months. Soil samples under the crown of the planted plants were taken and analyzed in the laboratory. A floristic inventory of spontaneous species was carried out on restoration sites and control areas. Finally, the herbaceous biomass was evaluated. It emerges from this experiment that forest benches and half-moons significantly improve soil moisture and texture as well as organic carbon under the crown of planted plants. These conditions allowed the development of spontaneous plant diversity. These results highlight the effectiveness of forest banquettes and half-moons in restoring degraded lands of plateaus and glaciés.

KEYWORDS: Land restoration, forest banquettes, forest half-moons, soil, Niger.

RESUME: Les techniques de banquettes et demi-lunes forestières associées aux plantations d'espèces ligneuses sont couramment utilisées au Niger pour restaurer les terres dégradées. Pour évaluer les impacts de ces ouvrages anti-érosifs sur les caractéristiques physico-chimiques du sol et la diversité végétale, une étude expérimentale a été conduite dans la commune rurale de Simiri sur un site de plateau aménagé avec des banquettes forestières et un site de glacié avec des demi-lunes forestières. Une zone témoin non aménagée a été considérée pour chaque site en restauration. L'humidité du sol au niveau des ouvrages a été régulièrement enregistrée durant 30 mois. Des échantillons de sols sous houppier des plants plantés ont été prélevés puis analysés au laboratoire. Un inventaire floristique des espèces spontanées a été réalisé sur les sites en restauration et les zones témoins. Enfin, la biomasse herbacée a été évaluée. Il ressort de cette expérimentation que les banquettes et demi-lunes forestières améliorent significativement l'humidité et la texture du sol ainsi que le carbone organique sous houppier des plants plantés. Ces conditions ont permis le développement d'une diversité végétale spontanée. Ces résultats mettent en évidence l'efficacité des banquettes et demi-lunes forestières dans la restauration des terres dégradées de plateaux et de glaciés.

MOTS-CLEFS: Restauration, banquettes forestières, demi-lunes forestières, sol, Niger.

1 INTRODUCTION

Dans la zone sahélienne en général, et au Niger en particulier, les ressources naturelles subissent une dégradation due aux actions conjuguées du climat (sécheresse, forte variabilité spatiale et temporelle des pluies) et de l'homme (agriculture extensive, surpâturage, exploitation abusive des espèces ligneuses, feux de brousse). Il en résulte une fragilisation du capital de production exposant la population à l'insécurité alimentaire. Le sol, de par ses fonctions vitales de support et banque d'éléments nutritifs pour les plantes, de réservoir d'eau, de régulateur de température et d'épurateur biologique, demeure sinon la plus importante ressource naturelle de l'humanité, du moins la plus fondamentale pour l'agriculture et l'environnement sahélien. Pour assurer durablement ses fonctions vitales, le sol doit être préservé des actions néfastes de l'érosion ou en être traité lorsqu'il est déjà affecté. Afin de garantir cette durabilité,

l'homme mène des activités comprenant des mesures antiérosives de conservation des eaux et du sol et de défense et restauration de sol (CES/DRS). Les mesures antiérosives visent en général trois objectifs qui correspondent aux concepts de la restauration, de la réhabilitation et de la réaffectation. La restauration au sens strict consiste à interrompre les facteurs de dégradation pour permettre au milieu de retrouver naturellement la flore et la faune primitives et plus tard les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols originaux PAC

Au sens large, la restauration vise simplement à stopper la dégradation et à remettre un écosystème dégradé, mais présentant encore un niveau suffisant de résilience, sur la trajectoire dynamique sensée être la sienne avant la perturbation [1]. La réhabilitation vise à réparer, aussi rapidement que possible, les fonctions (résilience et productivité), endommagées ou tout simplement bloquées, d'un écosystème en le repositionnant sur une trajectoire favorable. La réaffectation est le terme général décrivant ce qui se passe quand une partie (ou la totalité) d'un paysage, quel que soit son état, est transformée et qu'un nouvel usage lui est assigné. Ce nouvel état est éventuellement sans relation de structure et/ou de fonctionnement avec l'écosystème préexistant.

Selon la nature de la pente et la typologie des unités physiographiques que l'on veut traiter, plusieurs techniques de restauration, réhabilitation ou réaffectation sont couramment utilisées parmi lesquelles les banquettes forestières sur plateaux érodés et les demi-lunes forestières sur glaciés. Cependant, la réussite de la restauration rapide des terres dégradées exige le respect de six règles dont la gestion adéquate des eaux de surface [2].

L'objectif principal de ce travail est de déterminer les impacts des banquettes et demi-lunes forestières sur les caractéristiques physico chimiques du sol et la diversité végétale après trois ans de plantation.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 SITES D'ETUDE ET DISPOSITIF EXPERIMENTAL

L'expérimentation s'est déroulée dans la commune rurale de Simiri sur deux sites de restauration de terres distants de 8 km (fig. 1). Un site de plateau aménagé avec des banquettes sylvopastorales et un site de glacié avec des demi-lunes forestières.

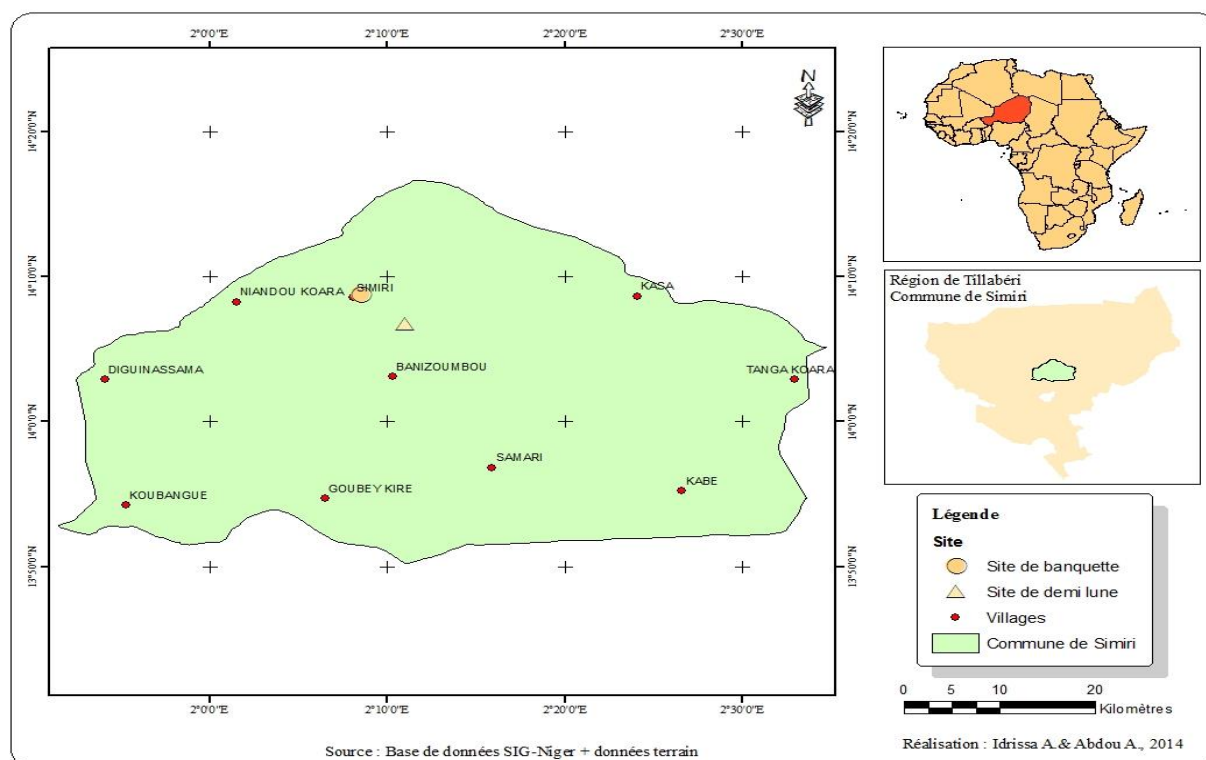


Fig. 1. Localisation des sites de restauration dans la commune de Simiri

Le site de plateau (14°08'45,2" de latitude Nord et 2°08' 27,2" de longitude Est), est un terrain dégradé d'une superficie de 6,7 ha caractérisé par la dominance des croûtes gravillonnaires et des croûtes d'érosion. Le sol, de type ferrugineux tropical non ou peu lessivé, est peu profond. Le ruissellement est diffus avec un drainage modéré.

L'aménagement antiérosif de ce plateau a consisté à la confection d'une quarantaine banquettes sur une superficie de 6,7 ha. Une banquette forestière est un ouvrage en terre, en pierres ou mixte, en forme diguette antiérosive réalisée le long des courbes de niveau. Elle se compose d'un bourrelet à l'aval et d'un fossé à l'amont muni de deux ailes et dans lequel sont plantées des espèces ligneuses. La fonction des banquettes est de capter l'eau de ruissellement, favoriser son infiltration, lutter contre l'érosion hydrique et récupérer des terres dégradées à des fins sylvicoles. Les banquettes forestières sont implantées sur des terres dégradées à pente < 5% selon un écartement entre les lignes de 25 à 30 m et un écartement sur la ligne de niveau de 10 m soit une densité de 6 banquettes/ha (Fig. 2)

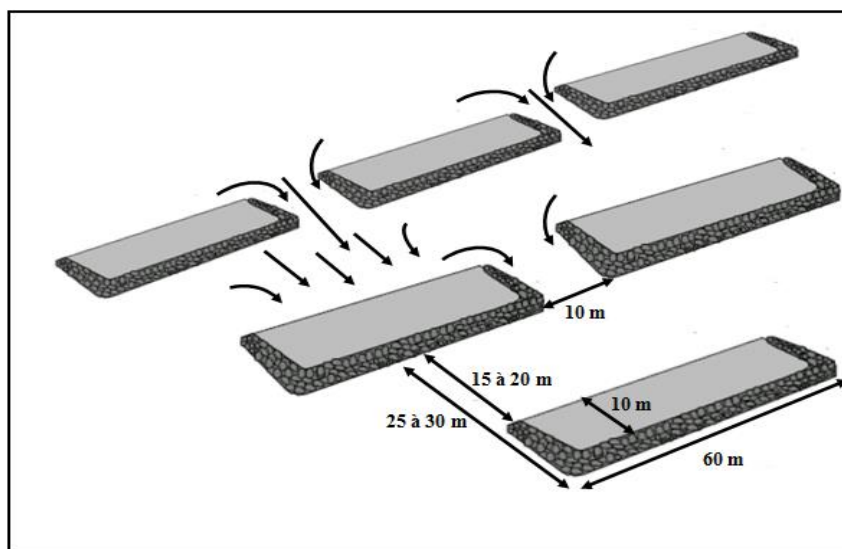


Fig. 2. Banquettes forestières sur site de plateau

Les banquettes ont été mises en valeur au moyen de la plantation de 800 plants de 4 espèces de Combretaceae selon un écartement de 4 m entre les plants soit 20 plants/banquette. Le site a été clôturé avec du grillage. Un terrain de même superficie, non clôturé et sans banquette et contigu à ce site a été considéré comme site témoin.

Le site de glacié (14°06'41,8" de latitude Nord et 2°10'57,4" de longitude Est) est un terrain légèrement ensablé de 3,6 ha marqué par les traces d'érosion en nappe et en rigole et la présence des croûtes structurales et celles d'érosion. Le sol, ferrugineux lessivé, est assez profond (100 à 120 cm). Le ruissellement est diffus avec un drainage excessif.

La technique antiérosive expérimentée pour restaurer ce site était la demi-lune forestière. Huit cents demi-lunes y ont été installées. Une demi-lune est un ouvrage composé d'un bassin en demi-cercle d'une profondeur de 20 à 30 cm et d'un bourrelet dont la hauteur varie de 30 à 40 cm. Les demi-lunes sont installées sur des courbes de niveau et disposées en quinconce (fig. 3). L'écartement entre deux demi-lunes est de 4 m le long d'une ligne. L'écartement entre deux lignes successives est de 4 m. L'espacement entre deux trous successifs de plantation sur une ligne est de 8 m soit une densité de 313 demi-lunes à l'hectare. Cette technique a pour rôle de réduire le ruissellement des eaux pluviales et l'érosion hydrique des sols, de favoriser l'infiltration et d'augmenter la disponibilité en eau pour les plantes. Les demi-lunes permettent ainsi de récupérer des terres à des fins agrosylvopastorales [3].

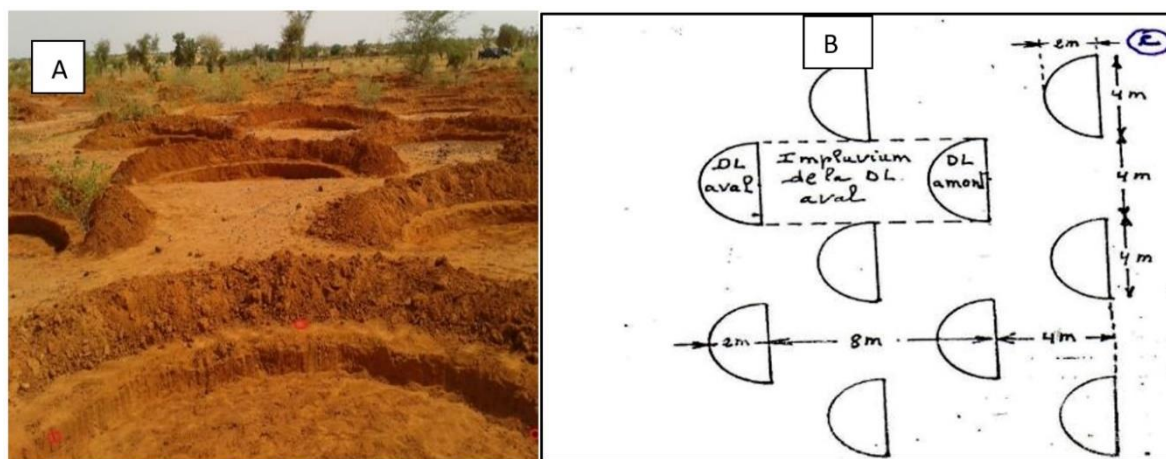


Fig. 3. Demi-lunes forestières en quinconce sur site de glacié
A: Demi-lunes forestières sur glacié. B: Schéma illustrant les dimensions d'une demi-lune

Dans ces demi-lunes, 800 plants de 4 espèces de Combretaceae ont été plantés selon un écartement de 4 m. Comme le précédent, ce site a été clôturé avec du grillage et, un espace voisin du même glacié et ayant la même superficie mais non clôturé et sans demi-lunes a été considéré comme site témoin.

2.2 DISPOSITIF DE SUIVI DE LA DYNAMIQUE DE L'EAU DU SOL

Dans l'objectif d'effectuer un suivi régulier de l'humidité du sol sur les deux sites, il a été installé un tube d'accès d'une sonde de marque « DIVINER 2000 » au niveau d'un ouvrage par site. Il a également été installé les mêmes tubes de mesures dans les zones témoins.

La sonde DIVINER 2000 mesure l'humidité volumique sur chaque 10 cm de profondeur jusqu'à une profondeur maximale de 160 cm. Pour chaque niveau de profondeur, l'appareil effectue deux mesures ce qui permet de calculer la moyenne arithmétique par niveau. Le stock hydrique est obtenu en cumulant les valeurs d'humidité mesurées. Sur le site de banquettes, le tube était installé au milieu de la banquette (fig. 4) à une profondeur de 100 cm dans le fossé, le long de la ligne des trous de plantation. Sur le site de demi-lunes forestières le tube était enfoncé à une profondeur de 120 cm à proximité du trou de plantation.

Une sonde à neutron/gamma densimètre de marque CPN 501 a également été utilisée pour mesurer la densité apparente du sol des sites de restauration et de leurs témoins.

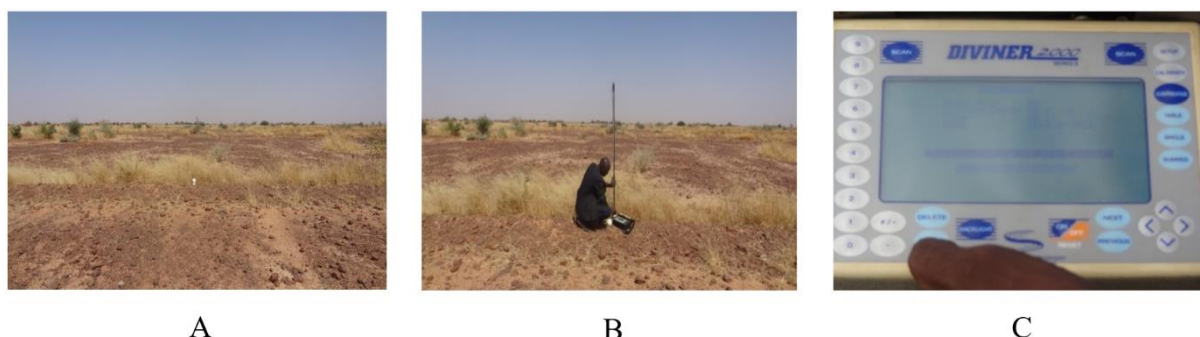


Fig. 4. Dispositif de suivi de l'humidité du sol sur les sites de restauration

A: Tube implanté dans une banquette; B: Mesure de l'humidité du sol avec la sonde DIVINER 2000; C: Console de la sonde DIVINER 2000

Les mesures de l'humidité du sol sur les sites de restauration et leurs témoins ont commencé deux mois après la plantation et ont duré 30 mois. La périodicité de ces mesures est mensuelle pendant la saison sèche et décadaire pendant la saison des pluies. La pluviométrie a été suivie durant toute la période au moyen d'un pluviomètre installé à environ 500 m du site de banquettes.

2.3 PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS DE SOL AU NIVEAU DES DIFFERENTS SITES

Afin de déterminer l'impact de la restauration sur les caractéristiques physico-chimiques du sol sous houppier des plants, des prélèvements de sol à 0-20 cm et 20-50 cm de profondeur ont été effectués aussi bien sur les deux sites de restauration que sur les témoins.

Sur les sites de restauration abritant les 4 espèces, 24 échantillons composites ont été prélevés sur la base de 3 échantillons par niveau et par espèce. Le prélèvement des échantillons a été réalisé sous houppier et à 10 cm de plants dans les 4 directions cardinales.

Sur les sites témoins qui étaient sans plantation, trois échantillons composites par niveau de profondeur ont été constitués soit 6 échantillons par témoin.

2.4 ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE

L'analyse physico-chimique des échantillons a été faite au laboratoire de l'ICRISAT. Les paramètres évalués sont la granulométrie, le carbone total, l'azote total, le phosphore total, le potassium total, le phosphore assimilable, la capacité d'échange cationique, les bases échangeables (Na^+ ; K^+ ; Ca^{2+} ; Mg^{2+}) et le pH-eau

La granulométrie a été déterminée par la méthode de la pipette de Robinson qui a permis de séparer les cinq fractions granulométriques (argile, limon fin, limon grossier, sable fin et sable grossier). Ainsi, selon que la teneur en argile est inférieure à 15%, comprise entre 15 % et 35 % ou supérieure à 35 %, les sols ont été classés respectivement à texture grossière, moyenne ou fine [4]. Le carbone a été déterminé par la méthode de [5]. L'azote total et le phosphore total ont été déterminés par minéralisation de l'échantillon de sol avec un mélange d'acide sulfurique - sélénium - salicylique (H_2SO_4 -Se- $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$) après chauffage progressif (100 à 340°C) jusqu'à

minéralisation totale [6]. Le potassium total a été déterminé à l'aide d'un photomètre à flamme dans le même extrait que celui du phosphore total. Le phosphore assimilable a été évalué par la méthode de Bray I [7]. La détermination de la capacité d'échange cationique a été faite sur un extrait à l'Argent Thiouré (Ag Tu) à 0,01 M [7]. La détermination des bases échangeables (Na^+ ; K^+ , Ca^{2+} ; Mg^{2+}) a été réalisée après passage au spectrophotomètre d'absorption atomique. Les mesures du pH-eau ont été effectuées avec un pH mètre à partir d'une solution aqueuse de rapport 1/2,5 [7].

2.5 INVENTAIRE FLORISTIQUE ET PRELEVEMENT DE LA BIOMASSE HERBACEE

Pour évaluer l'impact de la restauration sur la diversité végétale, un inventaire floristique des espèces spontanées a été effectué en septembre dans des placettes de 20 m sur 50 m soit 1000 m². Dix placettes par site de restauration et dix autres par témoin ont été explorées soit un taux de 15,5 % pour le site de banquettes et 27,8 % pour le site de demi-lunes forestières. Le recouvrement de chaque espèce répertoriée est apprécié par la mention des codes d'abondances dominances suivant l'échelle de Braun Blanquet [8].

Dans chaque placette, cinq prélèvements de phytomasse herbacée ont été effectués. Un quadrat d'un mètre carré est placé dans les 4 angles et au milieu de la placette. Toutes les plantes herbacées délimitées par ce quadrat sont coupées au ras du sol. Les échantillons sont pesés sur place puis un échantillon composite est prélevé afin de permettre la conversion de la biomasse fraîche à la biomasse sèche. Le pesage a été réalisé à l'aide d'une balance numérique de portée 5 kg et de précision ± 1 g. Les échantillons composites sont d'abord séchés au soleil puis à l'étuve à 70°C pendant 24 heures. Après le séchage à l'étuve, tous les échantillons ont été pesés immédiatement afin d'éviter qu'ils soient imprégnés d'humidité ambiante.

La détermination puis la dénomination des espèces ont été faites à partir de la flore du Sénégal [9]. Les synonymies ont été actualisées sur la base de Flora of West Tropical Africa [10] enrichie et annotée en décembre 2013 par African Plants Database (version 3.4.0).

Pour apprécier la diversité spécifique des deux sites, l'indice de diversité (H) de Shannon Weaver [11], l'équitabilité de Pielou [12] et l'indice (Ji) de similitude Jaccard [13] ont été calculés.

2.5.1 INDICE DE DIVERSITE DE SHANNON-WEAVER (H)

L'indice de Shannon-Weaver est l'un des indices de biodiversité les plus utilisés pour apprécier la biodiversité d'une station ou d'un groupement écologique. Il est exprimé en bits et sa formule est:

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i \quad (1)$$

$p_i = \frac{n_i}{\sum n_i}$ représente la proportion relative du recouvrement moyen de l'espèce i sur le site; n_i désigne le recouvrement moyen de l'espèce i et $\sum n_i$ le recouvrement total de toutes les espèces. S est le nombre total d'espèces constitutives du peuplement du site. L'indice de Shannon varie en fonction du nombre d'espèces présentes et du recouvrement relatif de chaque espèce. Il est minimal ($H = 0$) lorsque le peuplement est monospécifique et maximal lorsque toutes les espèces ont le même recouvrement ou sont représentées par le même nombre d'individus. Les degrés de richesse exprimée de la biodiversité selon la valeur de H sont selon Morou (2010): $H < 2,5$ = faible; $2,5 \leq H < 4$ = moyen; $H \geq 4$ = élevé [14].

2.5.2 INDICE D'EQUITABILITE DE PIELOU (E)

L'indice d'équitabilité de Pielou (E) représente le rapport entre l'indice de Shannon (H) et la diversité maximale théorique (Hmax). L'équitabilité de Pielou est selon [15]. Djégo (2006) une mesure de diversité atteinte par le peuplement par rapport au maximum. Cet indice qui évalue le poids de chaque espèce dans l'occupation de l'espace est d'autant plus élevé qu'un grand nombre d'espèces participe au recouvrement et minimal lorsqu'une espèce domine les autres [16]. Sa formule est:

$$E = \frac{H}{H_{\max}} = \frac{H}{\log_2 S} \quad (2)$$

S étant le nombre total d'espèces constitutives du peuplement du site.

L'indice d'équitabilité de Pielou varie de 0 à 1 et son niveau d'importance s'apprécie par les normes suivantes:

$E < 0,6$ = faible; $0,6 \leq E \leq 0,7$ = moyen; $E \geq 0,8$ = élevé [14]

2.5.3 INDICE DE SIMILITUDE DE JACCARD (Ji)

L'indice de Jaccard est le rapport entre le nombre d'espèces communes et le nombre total d'espèces:

$$Ji = \frac{C}{A+B-C} \quad (3)$$

A et B représentent respectivement les nombres d'espèces recensées sur le site A et le site B. C désigne le nombre d'espèces communes aux deux sites. Il varie de 0 à 1. Une valeur proche de 1 indique une forte similarité entre les sites [17].

2.6 ANALYSE STATISTIQUE DES DONNEES

L'analyse s'est articulée sur la comparaison d'un certain nombre d'attributs vitaux axés au processus écologique, à la structure de la végétation et à la diversité. La prise en compte de ces trois grandes catégories d'attributs vitaux de l'écosystème a été vivement recommandée par [18].

Deux logiciels, JMP 9.00 et PCORD 5, ont été utilisés pour le traitement et l'analyse des données. La comparaison des moyennes a été réalisée au seuil de signification de 5 % au moyen de l'analyse des variances (ANOVA) et du test de Kruskal-Wallis. Une comparaison post hoc par le test de T de Student pour ANOVA et celui de Wilcoxon pour le test de Kruskal-Wallis ont été utilisés pour classer les moyennes.

3 RESULTATS

3.1 IMPACTS DES TECHNIQUES DE RESTAURATION SUR LES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES SOLS DES SITES

3.1.1 HUMIDITE VOLUMIQUE ET DENSITE APPARENTE DES SOLS DES SITES

L'évolution de l'humidité volumique (fig. 5) sur le site de banquettes a montré qu'en profondeur il n'y avait pas de différence significative ($P = 0,165$) entre la zone témoin ($9,95 \pm 2,78 \%$) et la zone en restauration ($11,88 \pm 3,17 \%$) en saison sèche. Par contre, en saison des pluies, il a été enregistré une différence très significative ($P = 0,004$) entre l'humidité de la zone en restauration ($21,99 \pm 2,66 \%$) et celle de zone témoin ($18,52 \pm 2,06 \%$). En considérant toute la période d'observation, la différence est également significative ($P = 0,031$) entre les deux moyennes ($17,25 \pm 6,84 \%$ pour le site de restauration et $13,86 \pm 6,16 \%$ pour le témoin). Aussi bien sur le site de banquettes que sur la zone témoin, les valeurs de l'humidité ont augmenté régulièrement de la surface en profondeur. Les valeurs minimales ont été enregistrées à 10 cm et les maximales à 100 cm.

Sur le site de demi-lunes forestières, l'humidité volumique a enregistré une différence significative ($P = 0,003$) entre la zone en restauration ($10,86 \pm 2,63 \%$) et le témoin ($8,25 \pm 2,43 \%$) en saison des pluies seulement. En considérant toute la période d'essai, l'humidité a évolué de $8,11 \pm 6,54 \%$ pour le témoin à $9,16 \pm 5,45 \%$ pour la zone traitée. Pendant la saison sèche l'humidité volumique était de $6,07 \pm 1,02 \%$ au niveau des demi-lunes contre $5,61 \pm 1,36 \%$ dans la zone témoin.

On remarque que l'humidité volumique a irrégulièrement varié en profondeur et les valeurs maximales ont été enregistrées entre 30 et 40 cm.

La densité apparente moyenne du sol sur le site de banquettes sur plateau était de $1,41 \pm 0,09$. Celle de son témoin était de $1,46 \pm 0,12$. Quant au site de demi-lunes sur glaci, il a une densité apparente de $1,53 \pm 0,06$ alors que celle du témoin est de $1,51 \pm 0,15$.

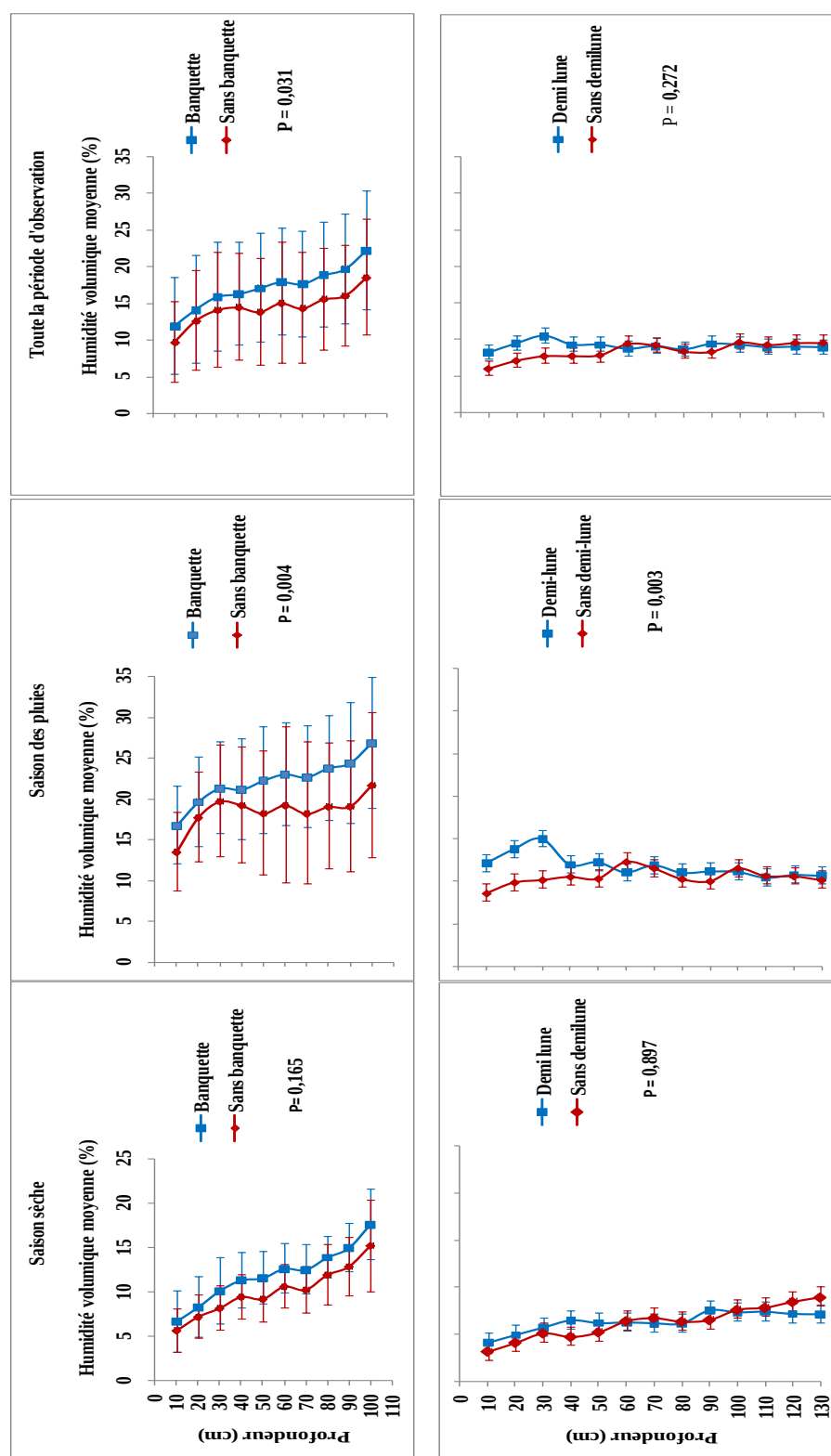


Fig. 5. Comparaison de l'humidité volumique moyenne du sol en profondeur sur les sites de banquettes et de demi-lunes selon les périodes

Les valeurs de p mentionnées sont les p-value obtenues à l'issue du test de Student ou de Wilcoxon

L'humidité volumique moyenne sur 10 cm d'épaisseur (fig. 6) a enregistré souvent une hausse en fonction de la quantité des pluies tombées l'avant-veille et /ou la veille (de relevé de l'humidité) et du temps d'attente avant la pluie suivante. Les moyennes de l'humidité volumique enregistrées dans les banquettes en saison sèche, en saison des pluies et durant toute la période d'observation ont été supérieures ($P_1=0,007$, $P_2=0,007$, $P_3<0,0001$) à celles des demi-lunes forestières durant respectivement les trois périodes précédentes.

A partir du mois de juillet 2013, les valeurs de l'humidité des zones en restauration et des témoins (fig. 6A et 6B) sont confondues, c'est-à-dire qu'il n'existait plus de différence significative entre elles ($P = 0,442$). Cela indique qu'à partir de cette date, les banquettes et les demi-lunes ne jouaient plus leur rôle de captage et d'infiltration.

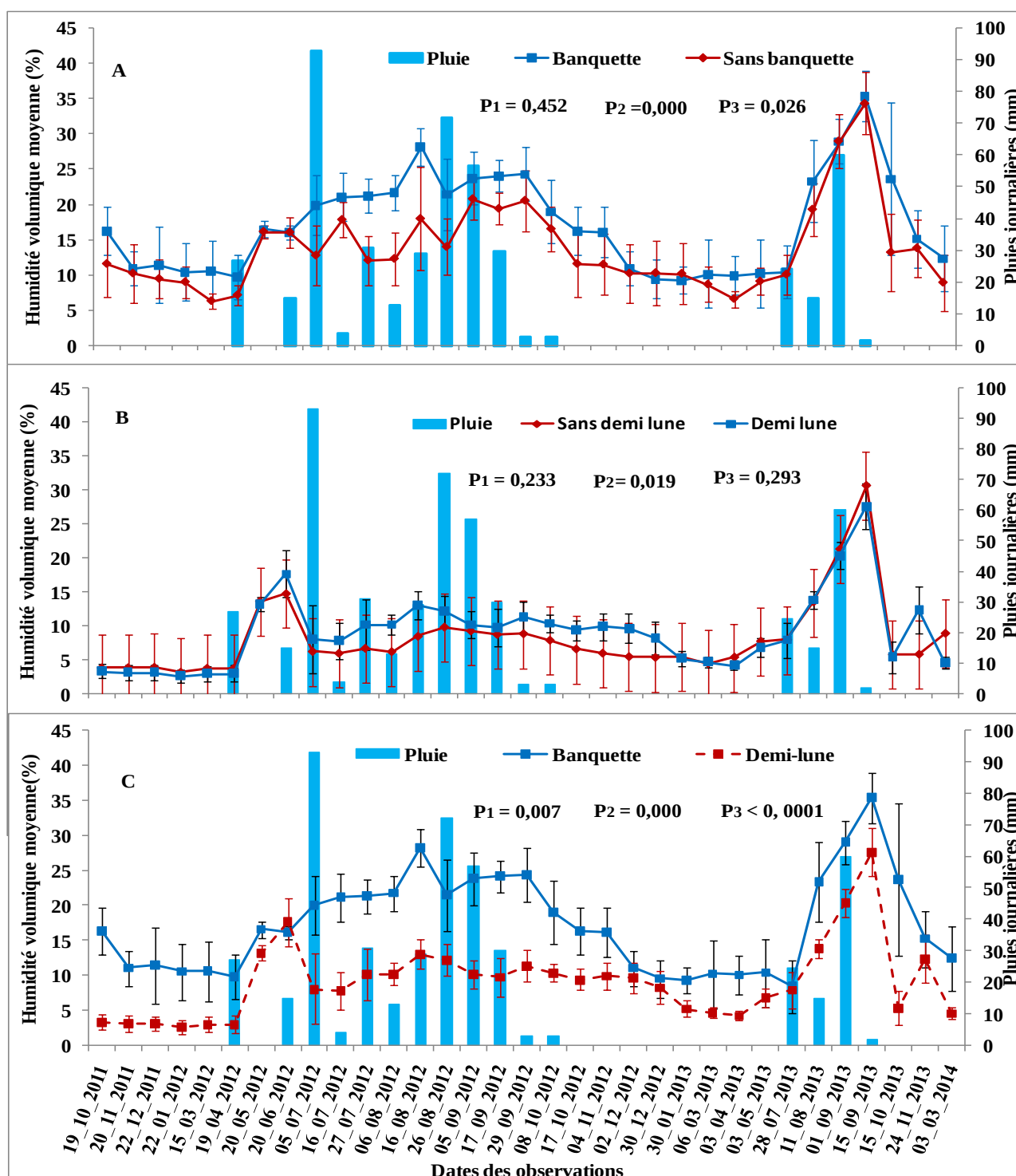


Fig. 6. Comparaison de l'Humidité volumique du sol (sur une épaisseur moyenne de 10 cm) dans les 100 premiers centimètres de profondeur en relation avec les pluies journalières enregistrées l'avant-veille et/ou la veille

A: entre le site banquettes et son témoin; B: entre le site demi-lune et son témoin; C: Entre le site banquettes et le site demi-lunes; les valeurs de p mentionnées sont les p-value obtenues à l'issue du test de Student ou de Wilcoxon (P_1 = p value issue de la comparaison en saison sèche 2012-2013; P_2 = p-value issue de la comparaison en saison des pluies 2012; P_3 = p value issue de la comparaison sur toute la période d'observation)

3.1.2 TEXTURE ET PARAMETRES CHIMIQUES DU SOL

Sur le site de banquettes, les proportions du sable grossier, du sable fin et d'argile sous les houppiers de 4 espèces ont connu des variations significatives ($P < 0,05$) par rapport aux témoins (tableau 1). Le sable grossier a connu une réduction dans les deux niveaux de profondeur par rapport aux témoins. La teneur en sable fin la plus faible a été enregistrée sous *G. senegalensis* à 20-50 cm de profondeur et la plus élevée sous *C. nigricans* à 0-20 cm de profondeur (tableau 1). Par rapport au ZT-0_20, la teneur en argile sous *G. senegalensis* a été la plus élevée ($37,38 \pm 2,77$ %). Les autres teneurs ne sont pas statistiquement différentes. A la profondeur 20-50 cm, les teneurs sous houppier de *C. glutinosum* ($42 \pm 1,15$ %) et de *G. senegalensis* ($39,04 \pm 4,78$ %) statistiquement identiques, étaient supérieures à celles observées sous *C. micranthum* et *C. nigricans* entre lesquelles il n'y avait pas de différence significative.

L'analyse granulométrique (3 fractions) a mis en évidence un changement de la texture moyenne (60,33 % de sable, 9,09 % de limon et 30,58 % d'argile) à la texture fine (51,37 % de sable, 12,33 % de limon et 36,30 % d'argile) induit par la restauration au niveau des banquettes (fig. 7). La restauration sur site de glacis n'a pas induit un changement de texture du sol qui demeure sableuse sur le glacis.

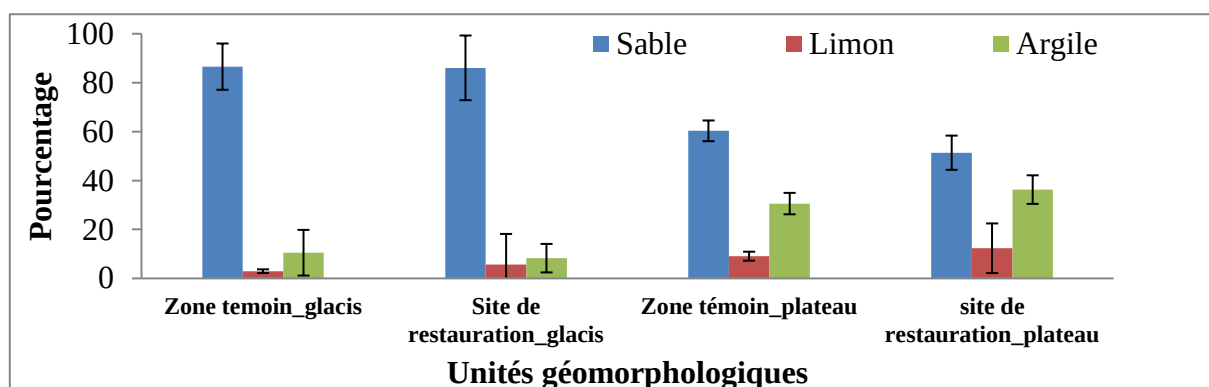


Fig. 7. Texture des sols des sites de restauration et zones témoins

S'agissant des paramètres chimiques des différences significatives ont été observées uniquement sur le carbone organique et le pH (tableau 1).

La teneur en carbone organique et donc indirectement la matière organique sous *C. glutinosum* et *G. senegalensis* a connu des hausses significatives ($P = 0,006$) par rapport aux témoins ZT-0_20. Les valeurs étaient très basses (0,17 % à 0,38 %). A la profondeur de 20 à 50 cm aucune différence significative n'a été observée par rapport au témoin.

Le pH a significativement augmenté sous les houppiers des 4 espèces aux deux niveaux de profondeurs par rapport aux deux témoins. Le sol était très fortement acide (pH de 4,25 à 5,09).

Sur le site de demi-lunes (tableau 2), les paramètres physico-chimiques n'ont pas connu de variations significatives par rapport au témoin à l'exception du phosphore assimilable ($P = 0,0134$). A la profondeur de 0-20 cm, les valeurs observées du phosphore assimilable ont varié de 1,16 à 2,2 mg/kg de sol. La valeur la plus petite a été observée sous le houppier de *C. micranthum*. Il n'existe pas de différence significative entre les différentes valeurs et celle du témoin (2,051 mg/kg). A la profondeur de 20-50 cm, la valeur observée sous le houppier de *G. senegalensis* (2,1 mg/kg) était supérieure à celle du témoin (1,23 mg/kg). La différence entre les autres valeurs et celle du témoin n'est pas significative.

Tableau 1. Comparaison des moyennes des paramètres physico-chimiques du sol sur site de banquettes à des profondeurs 0-20 cm et 20-50 cm sous les houppiers des 4 espèces de Combretaceae

Paramètres	Traitements										P valeur
	CG-0_20	CG-20_50	CM-0_20	CM-20_50	CN-0_20	CN-20_50	GS-0_20	GS-20_50	ZT-0_20	ZT-20_50	
Physiques	M ± σ										
Sable grossier (%)	18,03 ± 7,56 d	20,64 ± 2,33 cd	22,38 ± 2,61 cd	23,26 ± 2,01 cd	25,31 ± 0,72 bc	22,19 ± 0,27 cd	22,39 ± 2,90 cd	25,79 ± 1,68 bc	31,57 ± 3,37 a	29,86 ± 4,12 ab	0,0145
Sable fin (%)	25,64 ± 10,11 bc	25,04 ± 0,91 abc	31,98 ± 2,68 ab	28,47 ± 1,22 abc	33,02 ± 2,18 a	29,6 ± 3,99 abc	29,28 ± 0,95 abc	25,04 ± 2,08 c	32,05 ± 0,85 bc	27,18 ± 2,23 abc	0,0443
Limon grossier (%)	22,12 ± 30,23 a	4,05 ± 0,61 a	4,68 ± 0,47 a	4,39 ± 0,43 a	4,85 ± 0,63 a	4,53 ± 0,62 a	4,47 ± 0,11 a	4,59 ± 0,46 a	4,37 ± 0,93 a	4,44 ± 1,27 a	0,9096
Limon fin (%)	4,75 ± 1,83 a	5,17 ± 0,45 a	6,19 ± 0,98 a	5,53 ± 1,23 a	5,51 ± 1,28 a	5,75 ± 0,34 a	6,48 ± 0,34 a	5,54 ± 0,86 a	4,87 ± 1,27 a	4,50 ± 0,66 a	0,2892
Argile (%)	29,46 ± 11,42 cd	42,15 ± 1,55 a	34,77 ± 3,28 abcd	38,37 ± 2,02 ab	31,30 ± 2,79 bcd	37,93 ± 4,61 ab	37,38 ± 2,77 abc	39,04 ± 4,78 a	27,14 ± 2,68 d	34,02 ± 2,28 bcd	0,0264
Chimiques											
C organique (%)	0,38 ± 0,09 a	0,32 ± 0,07 abc	0,23 ± 0,06 abc	0,19 ± 0,04 bc	0,20 ± 0,01 bc	0,17 ± 0,02 c	0,35 ± 0,12 ab	0,24 ± 0,04 abc	0,17 ± 0,02 c	0,18 ± 0,01 c	0,0066
N total (mg/kg)	299,33 ± 196,55 a	297,66 ± 68,34 a	257,33 ± 31,78 a	219,66 ± 14,49 a	210 ± 4,29 a	199 ± 18,05 a	306,66 ± 50,97 a	280,66 ± 66,18 a	197 ± 32,33 a	206 ± 78,57 a	0,0929
P total (mg/kg)	25,18 ± 8,39 a	25,36 ± 8,30 a	30,36 ± 2,16 a	23,93 ± 10,05 a	25,54 ± 4,68 a	52,69 ± 1,51 a	34,83 ± 3,34 a	36,08 ± 19,35 a	30,90 ± 6,46 a	41,26 ± 19,69 a	0,2621
P assimilable (mg/kg)	4,26 ± 0,64 a	2,5 ± 0,67 a	4,76 ± 0,97 a	2,83 ± 0,98 a	4,16 ± 1,18 a	3,43 ± 2,19 a	4,3 ± 0,72 a	2,43 ± 0,67 a	4,2 ± 0,48 a	3,03 ± 0,60 a	0,0871
K total (mg/kg)	149,75 ± 200,95 a	464,25 ± 538,09 a	547,25 ± 524,39 a	390 ± 229,33 a	254,75 ± 76,97 a	290,5 ± 55,73 a	607,5 ± 330,73 a	749,75 ± 599 a	243,5 ± 193,49 a	200 ± 176,75 a	0,4904
pH_eau	4,71 ± 0,24 ab	4,86 ± 0,17 ab	4,95 ± 0,05 a	4,96 ± 0,04 a	4,99 ± 0,18 a	4,89 ± 0,04 ab	5,09 ± 0,10 a	5,05 ± 0,12 a	4,52 ± 0,12 bc	4,25 ± 0,15 c	0,0134
S (Cmol+/kg)	1,66 ± 0,45 a	1,07 ± 0,32 a	1,66 ± 0,37 a	1,37 ± 0,56 a	1,18 ± 0,36 a	1,52 ± 0,82 a	1,60 ± 0,30 a	1,92 ± 0,32 a	1,57 ± 0,53 a	1,62 ± 0,33 a	0,5218
CEC (mg/kg)	1,45 ± 0,33 a	1,40 ± 0,07 a	1,45 ± 0,3 a	1,61 ± 0,35 a	1,40 ± 0,08 a	1,57 ± 0,37 a	1,54 ± 0,42 a	1,80 ± 0,45 a	1,5 ± 0,20 a	1,52 ± 0,34 a	0,8952

Les moyennes suivies de la même lettre sur une même ligne ne sont pas statistiquement différentes; S: somme des bases échangeables; M = moyenne; σ = écart type; CEC: capacité d'échange cationique; CG-0_20: échantillon de sol autour du plant de Combretum glutinosum de 0 à 20 cm de profondeur sol; CG-20_50: échantillon de sol autour du plant de Combretum glutinosum de 20 à 50 cm de profondeur sol; CM-0_20: échantillon de sol autour du plant de Combretum micranthum de 0 à 20 cm de profondeur sol; CM-20_50: échantillon de sol autour du plant de Combretum micranthum de 20 à 50 cm de profondeur sol; CN-0_20: échantillon de sol autour du plant de Combretum nigricansm de 0 à 20 cm de profondeur sol; CM-20_50: échantillon de sol autour du plant de Combretum nigricans de 20 à 50 cm de profondeur sol; GS-0_20: échantillon de sol autour du plant de Guiera senegalensis de 0 à 20 cm de profondeur sol; GS-20_50: échantillon de sol autour du plant de Guiera senegalensis de 20 à 50 cm de profondeur sol; ZT-0_20: échantillon de sol prélevé à 0 à 20 cm de profondeur dans la zone témoin; ZT-20_50: échantillon de sol prélevé à 20 à 50 cm de profondeur dans la zone témoin

Tableau 2. Comparaison des moyennes des paramètres physico-chimiques du sol sur site de demi-lunes forestières à des profondeurs 0-20 cm et 20-50 cm sous les houppiers des 4 espèces de Combretaceae

Paramètres	Traitements										P valeur
	CG-0_20	CG-20_50	CM-0_20	CM-20_50	CN-0_20	CN-20_50	GS-0_20	GS-20_50	ZT-0_20	ZT-20_50	
Physiques	M ± σ										
Sable grossier (%)	33,68 ± 18,06 a	42,12 ± 9,72 a	43,15 ± 6,83 a	39,58 ± 2,93 a	34,32 ± 1,69 a	33,55 ± 6,08 a	37,93 ± 3,94 a	38,24 ± 2,76 a	41,01 ± 6,27 a	39,56 ± 4,49 a	0,5947
Sable fin (%)	38,30 ± 18,42 a	47,43 ± 4,12 a	47,36 ± 2,53 a	48,46 ± 5,24 a	51,55 ± 5,01 a	45,73 ± 4,38 a	54,06 ± 3,44 a	53,13 ± 1,72 a	47,83 ± 4,42 a	44,73 ± 8,78 a	0,2552
Limon grossier (%)	22,05 ± 36,14 a	0,87 ± 0,45 a	1,81 ± 0,54 a	1,66 ± 0,14 a	1,86 ± 0,46 a	2,05 ± 0,56 a	2,12 ± 0,63 a	2,05 ± 0,54 a	1,49 ± 0,11 a	1,85 ± 0,48 a	0,2967
Limon fin (%)	0,58 ± 0,14 a	1,11 ± 0,55 a	1,38 ± 0,91 a	1,68 ± 0,82 a	1,63 ± 0,34 a	1,83 ± 0,40 a	1,17 ± 0,36 a	1,48 ± 0,65 a	1,11 ± 0,45 a	1,44 ± 0,52 a	0,2095
Argile (%)	5,39 ± 3,67 a	8,47 ± 5,66 a	6,3 ± 5,78 a	8,62 ± 7,23 a	10,68 ± 6,09 a	16,84 ± 7,12 a	4,73 ± 0,70 a	5,11 ± 0,56 a	8,56 ± 7,58 a	12,43 ± 12,22 a	0,5637
Chimiques											
C organique (%)	0,07 ± 0,01 a	0,06 ± 0,09 a	0,095 ± 0,03 a	0,09 ± 0,06 a	0,10 ± 0,01 a	0,11 ± 0,01 a	0,12 ± 0,04 a	0,09 ± 0,12 a	0,07 ± 0,02 a	0,10 ± 0,05 a	0,0749
N total (mg/kg)	94,33 ± 29,10 a	78,66 ± 16,26 a	92,66 ± 11,15 a	101,33 ± 24,63 a	88,66 ± 22,39 a	120 ± 15,70 a	130 ± 21,69 a	209,33 ± 217,97 a	95 ± 54,71 a	117 ± 66,05 a	0,5255
P total (mg/kg)	13,93 ± 8,35 a	17,33 ± 6,70 a	10,18 ± 13,59 a	13,03 ± 6,28 a	11,97 ± 9,59 a	11,61 ± 14,14 a	10,53 ± 7,59 a	18,22 ± 5,17 a	8,93 ± 3,57 a	20,72 ± 9,59 a	0,7584
P assimilable (mg/kg)	1,66 ± 0,37 ab	1,1 ± 0,20 b	1,16 ± 0,23 b	1 ± 0,45 b	1,7 ± 0,20 ab	1,2 ± 0,72 b	2,2 ± 0,40 a	2,1 ± 0,23 a	2 ± 0,51 a	1,23 ± 0,61 b	0,0473
K total (mg/kg)	108 ± 168,92 a	12,75 ± 8,35 a	16,75 ± 8,95 a	89 ± 133,37 a	15,25 ± 11,13 a	18,25 ± 14,08 a	88,5 ± 124,47 a	344,5 ± 115,90 a	9,25 ± 3,12 a	3,25 ± 0,43 a	0,0997
pH_eau	5,03 ± 0,37 a	5,03 ± 0,23 a	5,29 ± 0,31 a	5,15 ± 0,15 a	4,96 ± 0,31 a	4,87 ± 0,07 a	5,19 ± 0,09 a	5,15 ± 0,11 a	4,79 ± 0,63 a	4,70 ± 0,28 a	0,0774
S (Cmol+/kg)	0,85 ± 0,09 a	0,36 ± 0,12 a	0,63 ± 0,07 a	0,46 ± 0,20 a	0,61 ± 0,19 a	0,82 ± 0,14 a	0,89 ± 0,27 a	1,12 ± 0,20 a	1,52 ± 1,36 a	0,74 ± 0,11 a	0,1534
CEC (Cmol+/kg)	1,28 ± 0,12 a	1,24 ± 0,08 a	1,21 ± 0,07 a	1,21 ± 0,14 a	1,35 ± 0,03 a	1,30 ± 0,06 a	1,25 ± 0,08 a	1,30 ± 0,03 a	1,42 ± 0,09 a	1,29 ± 0,07 a	0,269

Les moyennes suivies de la même lettre sur une même ligne ne sont pas statistiquement différentes; S: somme des bases échangeables; M = moyenne; σ = écart type; CEC: capacité d'échange cationique; CG-0_20: échantillon de sol autour du plant de Combretum glutinosum de 0 à 20 cm de profondeur sol; CG-20_50: échantillon de sol autour du plant de Combretum glutinosum de 20 à 50 cm de profondeur sol; CM-0_20: échantillon de sol autour du plant de Combretum micranthum de 0 à 20 cm de profondeur sol; CM-20_50: échantillon de sol autour du plant de Combretum micranthum de 20 à 50 cm de profondeur sol; CN-0_20: échantillon de sol autour du plant de Combretum nigricansm de 0 à 20 cm de profondeur sol; CM-20_50: échantillon de sol autour du plant de Combretum nigricans de 20 à 50 cm de profondeur sol; GS-0_20: échantillon de sol autour du plant de Guiera senegalensis de 0 à 20 cm de profondeur sol; GS-20_50: échantillon de sol autour du plant de Guiera senegalensis de 20 à 50 cm de profondeur sol; ZT-0_20: échantillon de sol prélevé à 0 à 20 cm de profondeur dans la zone témoin; ZT-20_50: échantillon de sol prélevé à 20 à 50 cm de profondeur dans la zone témoin

3.2 IMPACTS DE LA RESTAURATION SUR LA DIVERSITE VEGETALE

3.2.1 DIVERSITE VEGETALE DU SITE DE BANQUETTES SUR PLATEAU ET ZONE TEMOIN

Sur le site de banquettes, 79 espèces réparties en 21 familles ont été recensées (tableau 3). Les familles de Poaceae (25 %) et Fabaceae (12,5 %) sont les plus représentées. On dénombre 16 espèces ligneuses parmi lesquelles *Guiera senegalensis*, *Boscia senegalensis*, *Cassia sieberiana*, *Piliostigma reticulatum* et *Faidherbia albida* qui se distinguent par l'importance de leurs semis naturels.

Dans la zone témoin, 56 espèces réparties en 20 familles ont été répertoriées. Les Poaceae (31 %) et Fabaceae (11 %) étaient les familles les plus représentées (tableau 32).

Il ressort que les espèces *Aristida mutabilis*, *Eragrostis atrovirens*, *Schoenefeldia gracilis*, *Schizachyrium exile* et *Chrozophora brocchiana* ont enregistré une augmentation de recouvrement moyen (RM) au moins 8 fois plus important que celui observé dans la zone témoin.

Tableau 3. Herbière des espèces végétales récoltées dans la zone témoin et le site banquettes sur plateau après 3 ans de restauration

Espèces	Familles	Site en restauration		Zone témoin		
		(+) (-)	RM (%) (A)	(+) (-)	RM (%) (B)	(A) (B)
<i>Acacia erythralyx</i> Brenan.	Mimosaceae	+	0,10	-		
<i>Acacia nilotica</i> (L.) Willd. ex Del.	Mimosaceae	+	0,10	+	0,13	0,80
<i>Alysicarpus ovalifolius</i> (S. et Th.) Leon.	Fabaceae	+	0,40	+	0,13	3,20
<i>Amaranthus graecizans</i> L.	Amaranthaceae	-		+	0,13	
<i>Amaranthus spinosus</i> L.	Amaranthaceae	+	0,05	-		
<i>Andropogon gayanus</i> Kunth.	Poaceae	+	0,45	+	0,13	3,60
<i>Aristida longiflora</i> Schunn. et Thonn.	Poaceae	+	0,25	+	0,13	2,00
<i>Aristida mutabilis</i> Trin.	Poaceae	+	9,90	+	0,50	19,80
<i>Balanites aegyptiaca</i> (L.) Del.	Balanitaceae	+	0,05	+	0,13	0,40
<i>Boscia angustifolia</i> A. Rich.	Capparaceae	+	0,05	-		
<i>Boscia senegalensis</i> (Pers. Lam ex Poir.	Capparaceae	+	0,05	+	0,13	0,40
<i>Brachiaria xantholeuca</i> Stapf.	Poaceae	+	0,25	+	0,38	0,67
<i>Bulbostylis barbata</i> (Rottb.) C.B.Cl.	Cyperaceae	-		+	0,13	
<i>Calotropis Procera</i> Ait.	Asclepiadaceae	+	0,15	+	0,25	0,60
<i>Cassia mimosoides</i> L.	Caesalpinaceae	+	0,45	+	0,50	0,90
<i>Cassia sieberiana</i> DC.	Caesalpinaceae	+	0,15	+	0,25	0,60
<i>Cenchrus biflorus</i> Roxb.	Poaceae	+	0,35	+	0,25	1,40
<i>Cenchrus prieurii</i> (Kunth.) Maire.	Poaceae	+	0,10	+	0,25	0,40
<i>Ceratotheca sesamoides</i> Endl.	Pedaliaceae	+	0,05	+	0,13	0,40
<i>Chloris barbata</i> Sw.	Poaceae	-		+	0,13	
<i>Chrozophora brocchiana</i> Vis.	Euphorbiaceae	+	1,00	+	0,13	8,00
<i>Citrullus colocynthis</i> (L.) Schrad.	Cucurbitaceae	+	0,20	+	0,13	1,60
<i>Citrullus lanatus</i> (Thunb.) Matsum. & Nakai	Cucurbitaceae	+	0,10	+	0,13	0,80
<i>Cleome gynandra</i> L.	Capparaceae	+	0,05	-		
<i>Cleome viscosa</i> L.	Capparaceae	+	0,40	+	0,38	1,07
<i>Combretum glutinosum</i> Perr ex DC.	Combretaceae	+	0,50	-		
<i>Combretum micranthum</i> G.Don.	Combretaceae	+	0,50	+	0,13	4,00
<i>Combretum nigricans</i> Lepr. ex Guill. et Perr.	Combretaceae	+	0,50	-		
<i>Corchorus tridens</i> L.	Tiliaceae	+	0,05	+	0,13	0,40
<i>Crotalaria retusa</i> L.	Fabaceae	+	0,05	-		
<i>Cucumis melo</i> L.	Cucurbitaceae	+	0,05	-		
<i>Cucumis prophetarum</i> L.	Cucurbitaceae	+	0,05	-		
<i>Cymbopogon schoenanthus</i> (L.) Spreng.	Poaceae	+	0,15	-		
<i>Dactyloctenium aegyptium</i> (L.) Willd.	Poaceae	+	0,45	+	0,25	1,80
<i>Digitaria gayana</i> Stapf.	Poaceae	+	0,05	+	0,25	0,20
<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.	Poaceae	+	0,30	+	0,375	0,80
<i>Dipcadi tazazezanum</i> (Hochst. ex A. Rich.) Bak	Liliaceae	+	0,05	-		
<i>Eragrostis atrovirens</i> (Desf.) Steud.	Poaceae	+	8,40	+	0,5	16,80

<i>Eragrostis tenella</i> (L.) Roem. et Schult.	Poaceae	+	0,10	-		
<i>Eragrostis tremula</i> (Lam.) Hochst. et Steud.	Poaceae	+	0,20	+	0,375	0,53
<i>Euphorbia convolvuloides</i> Hochst. ex Benth	Euphorbiaceae	-		+	0,125	
<i>Evolvulus alsinoides</i> L.	Convolvulaceae	+	0,40	+	0,5	0,80
<i>Faidherbia albida</i> (Del.) Chev.	Mimosaceae	+	0,15	+	0,25	0,60
<i>Fimbristylis hispidula</i> (Vahl.) Kunth. subsp. hispidula	Cyperaceae	-		+	0,25	
<i>Guiera senegalensis</i> J.F Gmel.	Combretaceae	+	1,50	+	0,375	4,00
<i>Indigofera hirsuta</i> L.	Fabaceae	+	0,45	+	0,25	1,80
<i>Ipomoea coscinoperma</i> Hochst.	Convolvulaceae	+	0,05	+	0,125	0,40
<i>Ipomoea triloba</i> L.	Convolvulaceae	+	0,05	-		
<i>Jacquemonthia tamnifolia</i> (L.) Griseb.	Convolvulaceae	+	0,50	+	0,25	2,00
<i>Leptadenia hastata</i> (Pers.) Decne.	Asclepiadaceae	+	0,30	-		
<i>Leptadenia pyrotechnica</i> (Forssk.) Decne.	Asclepiadaceae	+	0,10	-		
<i>Maerua crassifolia</i> Forsk.	Capparaceae	+	0,10	+	0,125	0,80
<i>Merremia pinnata</i> (Hochst ex Choisy) Hallier.	Convolvulaceae	+	0,35	-		
<i>Microchloa indica</i> (L. f.) P. Beauv.	Poaceae	+	0,15	+	0,5	0,30
<i>Mitracarpus villosus</i> (Sw.) DC.	Rubiaceae	+	0,20	+	0,25	0,80
<i>Mollugo nudicaulis</i> Lam.	Molluginaceae	+	0,25	+	0,375	0,67
<i>Pandiaka heudelotii</i> (Moq.) Hook.	Amaranthaceae	+	0,20	-		
<i>Panicum anabaptistum</i> Steud.	Poaceae	+	0,20	-		
<i>Panicum laetum</i> Kunth.	Poaceae	+	0,35	+	0,375	0,93
<i>Pennisetum pedicellatum</i> Trin.	Poaceae	+	1,00	+	0,375	2,67
<i>Pergularia tomentosa</i> L.	Asclepiadaceae	+	0,20	+	0,125	1,60
<i>Piliostigma reticulatum</i> (DC.) Hochst.	Caesalpiniaceae	+	0,15	-		
<i>Polycarpaea eriantha</i> Hochst	Caryophyllaceae	+	0,10	-		
<i>Polycarpaea linearifolia</i> (DC.) DC.	Caryophyllaceae	-		+	0,25	
<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	Mimosaceae	+	0,10	+	0,1	1,00
<i>Richardia brasiliensis</i> Gomez	Rubiaceae	+	0,10	+	0,25	0,40
<i>Schizachyrium exile</i> Stapf.	Poaceae	+	4,65	+	0,375	12,40
<i>Schoenefeldia gracilis</i> Kunth.	Poaceae	+	5,15	+	0,375	13,73
<i>Senna tora</i> (L.) Roxb.	Caesalpiniaceae	+	0,05	-		
<i>Sesamum alatum</i> Thonn	Pedaliaceae	+	0,15	+	0,125	1,20
<i>Sesbania pachycarpa</i> DC.	Fabaceae	+	0,15	+	0,125	1,20
<i>Sesbania sesban</i> (L.) Merril.	Fabaceae	+	0,05	-		
<i>Setaria pumila</i> (Poir.) Roem. et Schult.	Poaceae	+	0,10	-		
<i>Sida acuta</i> Burm. f.	Malvaceae	+	0,05	-		
<i>Sida cordifolia</i> L.	Malvaceae	+	0,20	+	0,25	0,80
<i>Sida rhombifolia</i> L.	Malvaceae	+	0,05	-		
<i>Spermacoce radiata</i> (DC.) Sieber. Ex Hiern.	Rubiaceae	+	0,15	+	0,25	0,60
<i>Spermacoce ruelliae</i> DC.	Rubiaceae	+	0,35	+	0,25	1,40
<i>Spermacoce stachydea</i> DC.	Rubiaceae	+	0,05	-		
<i>Stylosanthes erecta</i> P. Beauv.	Fabaceae	+	0,45	-		
<i>Tephrosia linearis</i> (Willd.) Pers.	Fabaceae	+	0,05	-		
<i>Tephrosia purpurea</i> Pers.	Fabaceae	+	0,30	+	0,25	1,20
<i>Waltheria indica</i> L.	Sterculiaceae	+	0,75	+	0,5	1,50
<i>Ziziphus mauritiana</i> Lam.	Rhamnaceae	+	0,30	+	0,125	2,40
<i>Zornia glochidiata</i> Reichb.	Fabaceae	+	0,50	+	0,25	2,00

+: présence; -: absence; RM: Recouvrement moyen

3.2.2 DIVERSITE VEGETALE DU SITE DE DEMI-LUNES FORESTIERES SUR GLACIS ET ZONE TEMOIN

Sur le site de demi-lunes forestières, 55 espèces réparties en 17 familles ont été inventoriées (tableau 4). Les familles les plus représentées sont les Poaceae (27,27 %), les Fabaceae (14,55 %) et les Convolvulaceae (11 %). Huit espèces ligneuses sont dénombrées. Les semis par graines les plus rencontrées sont celles de *Guiera senegalensis*, *Combretum glutinosum* et *Boscia senegalensis*

Dans la zone témoin, il a été recensé 44 espèces réparties en 14 familles dont les plus représentées sont Poaceae (32 %), Fabaceae (14 %) et Rubiaceae (9 %). Le recouvrement de *Zornia glochidiata* sur le site a connu une augmentation 30 fois plus importante par rapport à celui de la zone témoin. *Schoenfeldia gracilis* a enregistré sur le site de restauration un recouvrement 8 fois plus important que celui de la zone témoin.

Tableau 4. *Herbier des espèces végétales inventoriées sur le site de demi-lunes forestières sur glacié et dans la zone témoin après 3 ans de restauration*

Espèces	Familles	Site en restauration		Zone témoin		(A) (B)
		(+) (-)	RM (%) (A)	(+) (-)	RM (%) (B)	
<i>Acacia nilotica</i> (L.) Willd. ex Del.	Mimosaceae	+	0,08	-		
<i>Alysicarpus ovalifolius</i> (S. et Th.) Leon.	Fabaceae	+	0,08	+	0,125	0,67
<i>Andropogon gayanus</i> Kunth.	Poaceae	+	0,08	+	0,125	0,67
<i>Aristida longiflora</i> Schunn. et Thonn.	Poaceae	+	0,08	+	0,125	0,67
<i>Aristida mutabilis</i> Trin.	Poaceae	+	0,08	+	0,125	0,67
<i>Boscia angustifolia</i> A. Rich.	Capparaceae	-		+	0,125	
<i>Boscia senegalensis</i> (Pers.) Lam. Ex Poir.	Capparaceae	-		+	0,125	
<i>Brachiaria xantholeuca</i> Stapf.	Poaceae	-		+	0,125	
<i>Cassia mimosoides</i> L.	Caesalpiniaceae	+	0,08	+	3	0,03
<i>Cenchrus biflorus</i> Roxb.	Poaceae	+	2,50	+	0,5	5,00
<i>Cenchrus prieurii</i> (Kunth.) Maire.	Poaceae	+	0,08	+	0,25	0,33
<i>Cerathotheca sesamoides</i> Endl.	Pedaliaceae	-		+	0,125	
<i>Cerathotheca sesamoides</i> Endl.	Pedaliaceae	-		+	0,125	
<i>Chrozophora brocciana</i> Vis.	Euphorbiaceae	+	0,08	+	0,375	0,22
<i>Citrullus lanatus</i> (Thunb.) Matsum. & Nakai	Cucurbitaceae	+	0,08	-		
<i>Cleome viscosa</i> L.	Capparaceae	+	0,08	-		
<i>Combretum glutinosum</i> Perr ex DC.	Combretaceae	+	0,42	+	0,125	3,33
<i>Combretum micranthum</i> G.Don.	Combretaceae	+	0,17	+	0,125	1,33
<i>Crotalaria macrocalyx</i> Benth.	Fabaceae	+	0,25	+	0,125	2,00
<i>Cyperus rotundus</i> L.	Cyperaceae	+	0,08	+	0,25	0,33
<i>Dactyloctenium aegyptium</i> Beauv.	Poaceae	+	0,33	+	0,375	0,89
<i>Dicoma tomentosa</i> Cass.	Asteraceae	+	0,17	+	0,125	1,33
<i>Digitaria gayana</i> Stapf.	Poaceae	+	0,33	+	0,5	0,67
<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.	Poaceae	+	0,50	+	0,5	1,00
<i>Eragrostis tremula</i> (Lam.) Hochst. et Steud.	Poaceae	+	0,33	+	0,5	0,67
<i>Euphorbia balsamifera</i> Ait.	Euphorbiaceae	+	0,08	-		
<i>Evolvulus alsinoides</i> L.	Convolvulaceae	+	0,42	+	0,5	0,83
<i>Faidherbia albida</i> (Del.) Chev.	Mimosaceae	+	0,08	-		
<i>Fimbristylis hispidula</i> (Vahl.) Kunth.subsp. hispidula	Cyperaceae	+	0,33	+	0,375	0,89
<i>Guiera senegalensis</i> J.F.Gmel.	Combretaceae	+	15,00	+	3	5,00
<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.	Malvaceae	+	0,08	-		
<i>Indigofera astragalina</i> DC.	Fabaceae	+	0,08	-		
<i>Indigofera hirsuta</i> L.	Fabaceae	+	0,08	+	0,125	0,67
<i>Ipomoea coscinosperma</i> Hochst.	Convolvulaceae	+	0,08	-		
<i>Ipomoea eriocarpa</i> R.Br.	Convolvulaceae	+	0,08	-		
<i>Ipomoea vagans</i> Bak.	Convolvulaceae	+	0,08	-		
<i>Jacquemonthia tamnifolia</i> (L.) Griseb.	Convolvulaceae	+	0,33	+	0,125	2,67
<i>Kohautia senegalensis</i> Cham. et Schl.	Rubiaceae	-		+	0,125	
<i>Limeum pterocarpum</i> (Gay.) Heimeri.	Molluginaceae	+	0,08	-		
<i>Maerua crassifolia</i> Forsk.	Capparaceae	+	0,50	-		
<i>Merremia pinnata</i> (Hochst ex Choisy) Hallier.	Convolvulaceae	+	0,25	+	0,25	1,00
<i>Mitracarpus villosus</i> (Sw.) DC.	Rubiaceae	+	0,33	+	0,25	1,33
<i>Mollugo nudicaulis</i> Lam.	Molluginaceae	+	0,08	+	0,125	0,67
<i>Panicum anabaptistum</i> Steud.	Poaceae	+	0,17	-		
<i>Panicum laetum</i> Kunth.	Poaceae	+	0,42	+	0,5	0,83
<i>Pennisetum americanum</i> (L.) Leeke.	Poaceae	+	0,08	-		

<i>Pennisetum pedicellatum</i> Trin.	Poaceae	+	0,50	+	0,125	4,00
<i>Phyllanthus pentandrus</i> Schum. et Thonn.	Euphorbiaceae	+	0,17	+	0,375	0,44
<i>Piliostigma reticulatum</i> (DC.) Hochst.	Caesalpiniaceae	+	0,17	-		
<i>Polycarpaea linearifolia</i> (DC.) DC.	Caryophyllaceae	+	0,25	-		
<i>Schizachyrium exile</i> Stapf.	Poaceae	+	0,50	+	0,5	1,00
<i>Schoenefeldia gracilis</i> Kunth.	Poaceae	+	3,00	+	0,375	8,00
<i>Sesamum alatum</i> Thonn.	Pedaliaceae	+	0,42	+	0,125	3,33
<i>Sida acuta</i> Burm. f.	Malvaceae	+	0,25	-		
<i>Sida cordifolia</i> L.	Malvaceae			+	0,25	
<i>Sida rhombifolia</i> L.	Malvaceae			+	0,125	
<i>Spermacoce radiata</i> (DC.) Sieber. Ex Hiern.	Rubiaceae	+	0,42	+	0,5	0,83
<i>Spermacoce ruelliae</i> DC.	Rubiaceae	+	0,25	+	0,125	2,00
<i>Spermacoce stachydeae</i> DC.	Rubiaceae	+	0,42	-		
<i>Stylosanthes erecta</i> P. Beauv.	Fabaceae	+	0,33	+	0,25	1,33
<i>Tephrosia purpurea</i> Pers.	Fabaceae	+	0,50	+	0,125	4,00
<i>Waltheria indica</i> L.	Sterculiaceae	+	0,08	+	0,5	0,17
<i>Zornia glochidiata</i> Reichb.	Fabaceae	+	15,00	+	0,5	30,00

+: présence; -: absence; RM: Recouvrement moyen

3.2.3 COMPARAISON DE LA DIVERSITE VEGETALE ET DE LA BIOMASSE HERBACEE DES SITES DE RESTAURATION

La diversité est élevée tant au niveau du site de banquette qu'au niveau de son témoin (tableau 5). L'indice de Pielou (0,97) qui indiquait une répartition régulière du recouvrement dans la zone témoin est réduit sur le site de banquettes à la valeur de 0,69 traduisant une dominance de certaines espèces. La diversité est moyenne sur le site de demi-lunes et élevée dans la zone témoin. L'indice d'équitabilité sur le témoin (0,85) traduisait une quasi équirépartition de recouvrement alors que sur le site de restauration la dominance de certaines espèces est déjà perceptible (indice de Pielou = 0,57). L'indice de Jaccard entre le site de banquettes et son témoin (61 %) est pratiquement identique à celui entre le site de demi-lunes et son témoin (60 %). Cependant les deux sites en restauration ont partagé une similarité de 52 %.

Tableau 5. Indices de diversité des sites de restauration et des zones témoins

Site	Indice de Shannon Weaver (bits)	Indice d'équitabilité de Pielou	Indice de Jaccard sites en restauration/témoins (%)	Indice de Jaccard site banquette site demi-lunes (%)
Banquettes	4,37	0,69	61	52
Témoin	5,63	0,97		
Demi-lunes	3,32	0,57	60	
Témoin	4,62	0,85		

La biomasse herbacée (tableau 6) des sites de restauration était très hétérogène à l'intérieur des sites et entre les sites (écart type variant de 449,05 à 719, 22). La biomasse herbacée générée par la restauration a été supérieure à celle du témoin tant au niveau des banquettes ($P = 0,0002$) qu'au niveau des demi-lunes forestières ($P = 0,009$).

Tableau 6. Comparaison de la biomasse herbacée des sites de restauration et zones témoins

Site	Biomasse herbacée (g de matière sèche /ha)
Banquettes	1412,07 ± 719,22 a
Témoin	220 ± 25,72 b
P-value	0,0002
Demi-lunes	849,92 ± 449,05 a
Témoin	354 ± 58,35 a
P-value	0,009
Banquettes	1412,07 ± 719,22 a
Demi-lunes	849,88 ± 449,05 a
P-value	0,1374

*Les moyennes suivies de la même lettre dans une même colonne ne sont pas statistiquement différentes; les valeurs de p mentionnés sont les p-value à l'issue du test de t de Student ou de Wilcoxon

Une importante phytomasse herbacée est développée dans les ouvrages antiérosifs (fig. 8). L'espèce *Eragrostis atrovirens* colonise le fossé des banquettes alors que les espèces *Aristida mutabilis*, *Schizachyrium exile* et *Schoenefeldia gracilis* se développent sur la digue. Sur le deuxième site, *Cenchrus biflorus*, *Schoenefeldia gracilis* colonisent les abords immédiats des demi-lunes alors que *Zornia glochidiata* se développe sur l'ensemble du site



Fig. 8. Développement de la phytomasse sur banquettes forestière (gauche) et demi-lune forestière (droite)

4 DISCUSSION

4.1 IMPACTS DES TECHNIQUES DE BANQUETTES ET DE DEMI-LUNES FORESTIERES SUR LES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES SOLS

Les valeurs de l'humidité volumique moyennes ont montré des variations en fonction de la profondeur, de la technique de restauration et des périodes de l'année. Au niveau des banquettes, l'humidité volumique moyenne pendant la saison des pluies a été de l'ordre de 22 % contre 18,50 % pour le témoin soit une différence de 3,5 % traduisant une augmentation significative de 18,19 % ($P = 0,004$). Durant la période d'expérimentation, l'humidité du sol a été de 17,3 % au niveau des banquettes contre 13,9 % pour le témoin soit une différence de 3,4 % impliquant une augmentation significative de 23,6 % ($P = 0,031$). Ces résultats confirment que les banquettes améliorent les conditions hydriques du sol [19] et sont en étroite relation avec la densité apparente mesurée du sol (1,41) qui renseigne sur la porosité. En effet, la porosité d'un horizon est une notion essentielle pour tout ce qui concerne la réserve en eau, la circulation des fluides (eau et air) et les possibilités d'enracinement [20]. La densité apparente de 1,41 (comprise entre 1,33 et 1,46) traduit un bon niveau de porosité de 45 à 50 % [21]. Ces conditions hydriques présageraient un bon développement de la végétation sur le site de banquettes.

En saison des pluies, l'humidité du sol des demi-lunes (10,9 %) bien qu'elle diffère de 2,6 % de celle du témoin (8,3%) soit une augmentation de 31,3 % demeure faible quand on considère le niveau de l'humidité du témoin par rapport à celle du témoin des banquettes. De plus, cette amélioration du profil hydrique ne dépasse guère les 40 cm de profondeur ce qui signifierait que la demi-lune n'est plus fonctionnelle au-delà de cette profondeur. Ces faibles taux d'humidité diffèrent des résultats de [22] et [23] qui ont mis en évidence la forte capacité des demi-lunes à capter les eaux de surfaces puis à garder des fortes humidités sur les « Zipellés » au Burkina Faso. Cette différence serait due à la texture limono-argileuse de ces « zipellées » qui, grâce aux éléments fins (limon et argile) emmagasine une forte réserve en eau. Cette dernière est faible dans les sols sableux et en l'occurrence sur notre site de glacis. De plus,

la texture sableuse du glaci, sous l'action de l'érosion hydrique, ensable les demi-lunes amoindissant ainsi leur efficacité. Enfin la densité apparente du sol du site (1,53) traduit un niveau médiocre de porosité de 40 à 45 % [21].

Cette amélioration du profil hydrique du sol induite par les banquettes ne doit pas faire perdre de vue que le témoin jouit aussi d'une bonne humidité volumique (18,5 %) qui surpasse d'ailleurs celle observée dans les demi-lunes forestières (10,9 %). Ce constat soulève donc la part de la contribution intrinsèque de l'unité géomorphologique (plateau et glaci) dans l'amélioration de l'humidité et soulève de ce fait une des faiblesses de la présente étude qui aurait dû être conduite sur une seule unité géomorphologique (plateau ou glaci non sableux). En effet, le plateau sans faire l'objet de technique de restauration est plus disposé que le glaci à permettre l'infiltration et le stockage de l'eau de pluie grâce à une pente faible et un substrat peu profond. L'évaporation est alors la principale voie de perte d'eau. Par contre sur le glaci où le sol est profond avec une pente plus sensible, l'eau peut s'infiltrer en profondeur ou ruisseler par drainage. A ces deux voies de perte d'eau s'ajoute l'évaporation.

L'analyse comparative de l'humidité volumique entre les deux techniques de restauration a montré que les banquettes améliorent plus l'humidité du sol que les demi-lunes en toute période de l'année. Trois ans environ après la mise en place des ouvrages, les courbes de l'humidité des sites de restauration et des témoins sont confondues ce qui implique que les banquettes et les demi-lunes ont cessé de jouer leur rôle de capter les eaux de ruissellement puis de permettre leur infiltration. Cette observation pose la question de la durabilité de ces ouvrages et montre l'importance d'une mise au point de techniques efficaces de leur entretien. Ces résultats confirment ceux trouvés par [24] dans la région sahélienne du Soum (Burkina Faso) qui a prouvé que la durée de vie de demi-lunes est de 3 à 4 ans sur sols sableux et plus de 5 ans sur sols argileux ou argilo-sableux.

La technique de banquettes a induit un changement de la texture moyenne à la texture fine. Cette texture fine pourrait s'expliquer par le transport suivi de la sédimentation des particules fines (limon et argile) dans les fossés de banquettes.

S'agissant des paramètres chimiques sous houppier des espèces plantées sur site de banquettes, le carbone organique, et corollairement la matière organique, ont connu une augmentation significative par rapport au témoin à 20 cm de profondeur sous *G. senegalensis* et *C. glutinosum*. Cette amélioration de la matière organique pourrait s'expliquer par le processus de sédimentation et l'effet de la litière sous ces deux espèces. En effet, l'augmentation de la matière organique au niveau des ouvrages antiérosifs s'explique dans une large mesure par la sédimentation des particules solides contenues dans l'eau de ruissellement [25]. L'effet fertilisant des *G. senegalensis* et *C. glutinosum* a été rapporté par plusieurs auteurs dont [26] qui ont prouvé que les bois rameaux fragmentés de *G. senegalensis* et de *P. reticulatum* constituent une bonne source de matière organique et peuvent permettre d'améliorer les propriétés chimiques et biologiques des sols ferrugineux tropicaux. Les arbustes et particulièrement *G. senegalensis* et *C. glutinosum* jouent un rôle important dans l'accumulation des nutriments (Carbone, azote, phosphore etc.) et dans le maintien de la fertilité du sol dans les agro-écosystèmes du Niger [27]. Toutefois, [28] a souligné que les espèces de Combretaceae, dont celles du genre *Combretum* caractérisées par une grande quantité de feuilles dont la minéralisation est lente, contribueraient à l'appauvrissement de sol. S'il est vrai que la minéralisation des feuilles de Combretaceae est lente en général, elle peut être accélérée au niveau des banquettes en raison de la disponibilité de l'eau que ces ouvrages peuvent garder pendant 3 à 4 jours après une pluie d'au moins 30 mm.

Le pH sous houppier des 4 espèces a augmenté de façon significative par rapport aux témoins sur le site de banquettes ce qui implique que cette technique antiérosive a eu un impact positif sur le processus de restauration. En effet le pH est un indicateur des différents processus qui se déroulent dans le sol si bien qu'il est considéré comme un facteur synthétique d'appréciation de la fertilité. La correction du pH jusqu'à 5 pour supprimer la toxicité aluminique est la quatrième règle (sur six) à respecter pour une restauration rapide d'une terre dégradée [2].

La teneur en phosphore assimilable sous houppier de *G. senegalensis* sur le site de demi-lunes a significativement augmenté par rapport à celle du témoin à la profondeur 20-50 cm. En général la réserve des sols en phosphore est faible et sa teneur dépend de celle de l'azote.

Le phosphore est un facteur de croissance de la plante et de précocité pour la fécondation et la mise à fruit. C'est alors à juste titre que le phosphore assimilable est considéré comme une des clés de l'agriculture durable en Afrique de l'ouest [29].

4.2 IMPACTS DES TECHNIQUES DE BANQUETTES ET DE DEMI-LUNES FORESTIERES SUR LA DIVERSITE VEGETALE

La richesse floristique du site de banquettes était évaluée à 79 espèces (réparties en 21 familles) contre 56 espèces sur le témoin. L'importance de la famille de Fabaceae (12,5 % sur le site et 11% pour le témoin) pourrait être considérée comme un bon indice du processus de la restauration car les espèces de cette famille ont la particularité de fixer l'azote atmosphérique dans le sol. L'importance des semis naturels des espèces ligneuses constitue également un autre indicateur car ces espèces pérennes une fois consolidées fertiliseraient durablement le sol. L'indice de Shannon-weaver qui évalue cette diversité alpha varie de 4,37 bits pour le site contre 5,63 bits pour le témoin. La diversité du témoin est plus élevée que celle du site en restauration bien que ce dernier comprenne plus espèces. Cette situation est due à une répartition presque régulière du recouvrement des espèces sur le témoin. Cette répartition est confirmée par l'indice d'équitabilité de Pielou (0,97). Dans la zone en défens, l'indice de Pielou de 0,69 montre que la restauration a créé les

conditions de dominance des espèces telles que *Eragrostis atrovirens*, *Aristida mutabilis*, *Schizachyrium exile* et *Schoenefeldia gracilis*, à travers leurs forts recouvrements. En effet, le faible taux de recouvrement est un indicateur de la dégradation du sol et donc l'amélioration de ce taux pourrait mesurer le processus de restauration [30].

La diversité est moyenne sur le site de demi-lunes mais élevée dans la zone témoin. Comme pour le site de banquettes, c'est l'indice d'équitabilité de Pielou du témoin (0,85) traduisant une quasi équirépartition de recouvrement qui explique la supériorité de l'indice de Shannon du site témoin. L'indice de Pielou de 0,57 du site demi-lune montre également la dominance des espèces telles *Zornia glochidiata*, *Cenchrus biflorus* et *Schoenefeldia gracilis*.

La similitude du site de banquettes à son témoin est identique à celle du site demi-lunes à son témoin alors que les deux sites en restauration partagent une similarité de 52 %. En termes de diversité bêta, le site de banquettes, avec un indice de Shannon de 4,37 et 79 espèces, est plus diversifié que celui de demi-lunes (3,32 et 55 espèces). La diversité élevée du site de banquettes pourrait s'expliquer par les bonnes conditions hydriques qui favoriseraient la germination des semences végétales puis la survie des plantules.

L'évaluation de la biomasse herbacée sur les deux sites a montré des différences significatives en faveur des sites en restauration ($P = 0,0002$ pour le site de banquettes et $P = 0,009$). Ainsi, il ressort de ce qui précède que ces deux techniques de restauration ont impacté positivement la reconstitution de la végétation ligneuse et herbacée. Les mêmes impacts positifs générés par les demi-lunes, les cordons pierreux, les digues filtrantes, le sous-solage au Burkina Faso ont été soulignés par [31].

5 CONCLUSION

L'étude conduite sur deux techniques de restauration les plus utilisées au Niger a mis en évidence que les banquettes implantées sur plateau érodé et les demi-lunes sur glacié améliorent de façon significative l'humidité du sol et la texture du sol. Cela a permis le développement d'une diversité végétale riche. Le recouvrement qui en est issu a connu une augmentation significative par rapport au témoin.

REMERCIEMENT

Les auteurs remercient le projet UNDESERT (EU FP7243906), "Understanding and combating desertification to mitigate its impact on ecosystem services financé par l'Union Européenne pour les moyens financiers ayant permis la production des plants, leur transplantation sur le site de restauration ainsi que les missions de collecte de données.

REFERENCES

- [1] Aronson J., Floret C., Le Floch E., Ovalle C. & Pontanier R., 1995. Aspects scientifiques et technologiques de la restauration et de la réhabilitation des principaux attributs vitaux et fonctions des systèmes écologiques dégradés par les voies d'une démarche sectorielle. In L'homme peut-il refaire ce qu'il a défilé ? Pontanier R., M'Hiri A., Akrimi N., Aronson J., Floret & Le Floch E., Ed., Paris, France, John Libbey Eurotext, 103-112.
- [2] Roose E., Bellefontaine R. & Visser M., 2011. Six rules for the rapid restoration of degraded lands: Synthesis of 17 case studies in tropical and Mediterranean climates. *Sécheresse*, 22, 86-96.
- [3] PAC (Programme d'Actions Communautaires), 2006. Recueil des fiches techniques en gestion des ressources naturelles et de productions agro-sylvopastorales. Niamey, Niger, Ministère du Développement Agricole, 270 p.
- [4] FAO, 1989. Carte mondiale des sols. Légende révisée. Rapport sur les Ressources en sols du monde N° 60. FAO, Rome 125 p.
- [5] Walkley A, Black IA, 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science.*, 37, 29-38.
- [6] Bunasols, 1987. Méthodes d'analyse physique et chimique des sols, des eaux et des plantes. Document techniques n°3, Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage, 159 p.
- [7] Mathieu C. & Pielain F., 2003. Analyse chimique des sols: méthodes choisies. Ed TEC et DOC. Lavoisier; Paris, 388 p.
- [8] Braun-Blanquet J., 1932. Plant sociology; the study of plant communities. McGraw Hill Ed., New York, 439 p.
- [9] Berhaut J., 1967. Flore du Sénégal 2ème édition Dakar (Sénégal), Editions Clairafrique 485 p.
- [10] Hutchinson J., Dalziel J. M. & Keay; 1954, 1958, 1963, 1963, 1972. - Flora of West Tropical Africa. Crown Agents for overseas governments and administration, Milbank. London. 2nd edition 3 Vol. 828 p., 544 p., 574 p.
- [11] Shannon C. E., 1948. A Mathematical Theory of Communication. In: The Bell System Technical Journal, 27, 379-423.
- [12] Pielou E. C., 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. In: Journal of Theoretical Biology, 13, 131-144.
- [13] Jaccard P., 1901. Étude comparative de la distribution florale dans une portion des Alpes et du Jura. In: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles, 37, 547-579.

- [14] Morou B., 2010. Impacts de l'occupation des sols sur l'habitat de la girafe au Niger et enjeux pour la sauvegarde du dernier troupeau de girafes de l'Afrique de l'Ouest. Thèse présentée à l'Université Abdou Moumouni de Niamey pour obtenir le titre de Docteur, 174 p.
- [15] Djégo J.G.M., 2006. Phytosociologie de la végétation de sous-bois et impact écologique des plantations forestières sur la diversité floristique au sud et au centre du Bénin. Thèse, Université d'Abomey Calavi, 359 p.
- [16] Mahamane A., 2005. Etudes floristique, phytosociologique et phytogéographique de la végétation du Parc Régional du W du Niger. Thèse d'Etat, Université Libre de Bruxelles, 497 p.
- [17] Magurran A. E., 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Science Ltd., 247 p.
- [18] Maria C.R. & Mitchell T.A., 2005. Restoration success: how is it being measured? *Restoration Ecology*, 13, 569-577.
- [19] Soumana D., Soumana I., Mahamane A., Mahamane S., Karimou A., Aboubacar I. & Zakara G., 2011. Restauration de plages nues d'une brousse tachetée au Niger. *Afrique SCIENCE*, 7, 77 -92.
- [20] Yaméogo J.T., Somé A.N., Lykke A.M, Hien M. & Nacro H.B., 2013. Restauration des potentialités de sols dégradés à l'aide du zaï et des cordons pierreux à l'Ouest du Burkina Faso. *Tropicultura*, 31, 224-230.
- [21] Ministère de la Coopération, 1991. Mémento de l'Agronome. Collections Techniques rurales en Afrique, Paris, France, 4ème édition, 1635 p.
- [22] Zougmore R., Zida Z. & Kambou N.F., 2003. Role of nutrient amendments in the success of half-moon soil and water conservation practice in semiarid Burkina Faso. *Soil & Tillage Research*, 71, 143-149.
- [23] Kagambega F.W., Traore S., Thiombiano A. & Boussim J I., 2011. Impact de trois techniques de restauration des sols sur la survie et la croissance de trois espèces ligneuses sur les « zipellés » au Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5, 901-914.
- [24] Zoubga T. S., 2002. Etude de l'impact du travail du sol des charrues Delphino et Tréno sur le sol et la végétation des terres dégradées du Soum (Burkina Faso). Mémoire Inspecteur des Eaux & Forêts, ENEF, 90 p.
- [25] Zougmore R., Guillobez S., Kambou N.F. & Son G., 2000. Runoff and sorghum performance as affected by the spacing of stone lines in the semiarid Sahelian zone. *Soil Tillage Research*, 56, 175-183.
- [26] Ba M. F., Colinet G., Samba S.A.N. & Bassene E., 2014. Etude de caractéristiques des BRF de *G. senegalensis* J.F. Gmel et de *P. reticulatum* (DC) Hochst et de leur influence sur des sols ferrugineux tropicaux du Bassin arachidier, Sénégal. *Journal of Applied Biosciences*, 81, 7253-7262.
- [27] Wezel A., Rajot J.L. & Herbrig C., 2000. Influence of shrubs on soil characteristics and their function in Sahelian agro-ecosystems in semi-arid Niger. *Journal of Arid Environments* 44, 383-398.
- [28] Charahabil M.M., Diallo A., Ngom D., Diop B. & Akpo L.E., 2013. Importance des Combretaceae dans des forêts communautaires de la zone soudano-sahélienne au Sénégal. *Sécheresse*, 24, 39-47.
- [29] Compaoré, E., Fardeau, J.C, Morel, J.L. & Sedogo, M.P., 2001. Le phosphore biodisponible des sols: une des clés de l'agriculture durable en Afrique de l'Ouest. *Cahiers Agricultures* 10, 81-85.
- [30] Robert M., 1992. Le sol, ressource naturelle à préserver pour la production et l'environnement. *Cahiers Agricultures*, 1, 20-34.
- [31] Souleymane G., 2005. Impact des aménagements de conservation des eaux et des sols sur la régénération des ressources ligneuses en région sahélienne et nord soudanienne du Burkina Faso. *Vertigo – La revue en sciences de l'environnement*, 6 (2), 1-15.

L'enseignement à distance au temps de la Covid-19 : Cas de la Faculté des Sciences de l'Education de Rabat

[Distance education during the COVID-19 pandemic : Case of the Faculty of Education Sciences in Rabat]

Youssef Nafidi

Laboratoire Education et Dynamiques Sociales, Faculté des Sciences de l'Education, Université Mohammed V Rabat, Morocco

Copyright © 2021 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 Covid-19 pandemic has imposed the implementation of Distance Learning (DL) system to ensure pedagogical continuity within the Faculty of Education of Rabat. In this specific context, we conducted a survey of 174 students in order to assess the degree of satisfaction perceived by these students at the end of this experience, to identify the factors influencing their satisfaction and to determine their difficulties and suggestions to take them into consideration in future experiences. The results obtained showed that two thirds of the students surveyed were fully satisfied with the distance learning devices operated during the lockdown. A large majority of the students were very convinced that distance education, in parallel with face-to-face education dedicated mainly to tutorials and practical work, could improve university training. On the other hand, this survey has allowed us to identify the main factors that negatively affect Distance Education.

KEYWORDS: Distance learning, satisfaction, Covid19, higher education.

RESUME: La pandémie du Covid-19 a imposé la mise en place d'un dispositif d'Enseignement A Distance (EAD) pour assurer la continuité pédagogique au sein de la Faculté des Sciences de l'Education de Rabat. Dans ce contexte spécifique, nous avons mené une enquête auprès de 174 étudiants, afin d'évaluer le degré de satisfaction perçu par ces étudiants à l'issue de cette expérience, d'identifier les facteurs influençant leur satisfaction et de déterminer leurs difficultés et leurs suggestions pour les prendre en considération lors des futures expériences. Les résultats obtenus ont montré que les deux tiers des étudiants interrogés étaient pleinement satisfaits des dispositifs d'enseignement à distance exploités pendant le confinement. Une forte majorité des étudiants était très convaincue qu'un enseignement à distance, en parallèle avec un enseignement en présentiel dédié principalement aux travaux dirigés et pratiques, pourrait améliorer les formations universitaires. D'autre part, cette enquête nous a permis d'identifier les principaux facteurs qui entachent négativement sur l'EAD.

MOTS-CLEFS: Enseignement à distance, satisfaction, Covid19, enseignement supérieur.

1 INTRODUCTION

L'enseignement à distance a existé pendant longtemps, du support papier au support audio ou vidéo en passant par la radio et la télévision puis par l'ordinateur. L'intégration de l'outil informatique a permis d'introduire un potentiel éducatif puissant par le biais des cours interactifs. Les réseaux informatiques élargissent davantage l'éventail des moyens de communication avec des documents multimédias sous un format électronique ainsi que l'accès illimité à des bases de données et à des bibliothèques électroniques. En plus, de nouveaux outils de communication sont déployés pour favoriser l'interaction pédagogique en ligne: forum, clavardage, visioconférence, audioconférence..., et ce entre des personnes (enseignant et apprenant, apprenant-apprenant) ou entre groupes, d'une manière simultanée ou différée (synchrones et asynchrones).

À l'heure actuelle, ce mode d'enseignement ne cesse de se développer partout dans le monde, exploitant de plus en plus les outils technologiques offerts pour mettre à la disposition des apprenants des formations fondées sur le socioconstructivisme [1] et bien adaptées à leurs attentes et contraintes.

Après l'état d'urgence sanitaire déclaré par le Royaume du Maroc afin de lutter contre la propagation de la pandémie de la Covid-19. Le ministère de l'éducation nationale, de la formation professionnelle, de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique a pris d'importantes mesures afin d'assurer la continuité pédagogique pendant la période du confinement et a décidé d'adopter le mode d'enseignement à distance dans les différents établissements scolaires et universitaires des secteurs publics et privés.

Cette étude cherche à collecter des données sur la perception et la satisfaction des étudiants de la faculté des sciences de l'éducation de Rabat vis-à-vis de l'expérience imposée d'enseignement à distance en période de confinement sanitaire au premier semestre de l'année universitaire 2020-2021, elle vise en particulier à :

- Étudier les perceptions des étudiants sur l'enseignement à distance.
- Mesurer le niveau de satisfaction des étudiants à l'issue de cette expérience d'EAD et mettre en relief les facteurs qui ont influencé leur satisfaction.
- Déterminer les éventuelles difficultés et contraintes rencontrées par les étudiants dans cette période de « continuité pédagogique »

2 REVUE DE LA LITTÉRATURE

2.1 DÉFINITION DE L'ENSEIGNEMENT À DISTANCE

L'enseignement à distance indique une situation pédagogique dans laquelle le processus d'enseignement apprentissage, assisté par des technologies, a lieu à distance, en raison d'une dispersion temporelle ou géographique des participants [2-4]. Ce mode d'enseignement diffère *donc de l'enseignement présentiel par une séparation physique entre l'enseignant et l'apprenant. Il permet à l'apprenant de se former et de développer ses compétences en utilisant toutes les ressources pédagogiques, didactiques et technologiques qui sont mises à sa disposition* [5].

L'enseignement à distance comporte la transmission des contenus, les communications synchrone et asynchrone, l'évaluation en ligne, l'utilisation des ressources numériques mise en ligne, ainsi que toutes les activités proposées et soutenues par les technologies d'information et de communication [6]. Selon Sangrà, Vlachopoulos et Cabrera, (2012) *l'enseignement en ligne est une approche de l'enseignement et de l'apprentissage, qui repose sur l'utilisation de médias et de dispositifs électroniques pour améliorer l'accès à la formation les communications et les interactions et qui facilite l'adoption de nouvelles façons de comprendre et de développer l'apprentissage. Il requiert donc des technologies spéciales de formation, de conception de cours, et des moyens de communication*. [7]. Il résulte forcément de l'association de contenus interactifs, de supports de distribution (Ordinateur, internet, intranet, extranet), d'un ensemble de dispositifs qui permettent la gestion d'une formation en ligne [8].

2.2 AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE L'ENSEIGNEMENT À DISTANCE

L'enseignement à distance utilisant les TIC présente de grands avantages. L'apprenant construit son propre parcours individualisé, en tenant compte de son rythme d'apprentissage et de ses objectifs tout en profitant des différents outils offerts par un dispositif d'EAD. Le contenu pédagogique de ce dernier s'adapte aux participants, à leurs besoins, à leurs lacunes et à leurs contraintes [5, 9]. La souplesse et la flexibilité du dispositif de formation à distance rendent l'apprentissage d'autant plus vivant et motivant pour l'apprenant.

D'ailleurs, l'usage des TIC a permis également la responsabilisation des individus au regard de l'apprentissage et une conscientisation collective ce qui a donné naissance à la notion d'apprentissage collaboratif, de classe virtuelle, de communauté virtuelle d'apprentissage [10]. En effet, un dispositif d'apprentissage à distance permet, à l'aide de certains outils (comme le Wiki), le dépôt des documents sur lesquels plusieurs personnes travaillaient simultanément et permet également d'associer, à distance, plusieurs apprenants autour d'une tâche proposée par le formateur.

La pédagogie généralement préconisée à l'enseignement à distance est souvent celle des modèles pédagogiques actifs, permettant de placer l'apprenant au cœur de son apprentissage, de l'aider et de le guider dans une démarche d'apprentissage collaboratif. En effet, un dispositif d'apprentissage à distance permet, à l'aide de certains outils (comme le Wiki), le dépôt des documents sur lesquels plusieurs personnes travaillaient simultanément et permet également d'associer, à distance, plusieurs apprenants autour d'une tâche proposée par le formateur.

L'EAD favorise des échanges de messages via les outils de communication orale et écrite (le courrier électronique, les forums, les chats ou les visioconférences) [11] et aussi le développement des méthodes pédagogiques d'apprentissage plus ludiques et stimulantes grâce à des tests d'évaluation interactifs.

En outre, L'EAD offre à l'apprenant la possibilité de s'autoévaluer. Il peut, lui-même ou encore avec l'assistance d'un tuteur, évaluer à chaque moment son degré de maîtrise des nouvelles connaissances à l'aide de nombreux tests interactifs en ligne. Il pourra consulter le score obtenu, porter ainsi un jugement sur son niveau de performance et déterminer les parties du programme qu'il lui faut réviser encore pour réussir. D'autre côté, l'enseignant, à travers les outils d'évaluation associés au dispositif de EAD, peut alors mesurer directement la performance effective de la formation dispensée, ce qui offre une possibilité de faire évoluer le contenu de la formation ou renouveler les méthodes pédagogiques pour favoriser une meilleure acquisition des connaissances et un développement remarquable des compétences des apprenants.

Enfin, si les avantages véhiculés par l'EAD semblent significatifs, il est également important d'identifier certaines difficultés et certains enjeux liés à ce mode d'enseignement [5, 12-16].

La solitude ressentie dans les EAD: pour l'éviter, il est primordial d'intégrer le plus possible un aspect humain à la formation à distance en favorisant beaucoup plus les échanges interpersonnels entre les enseignants et les apprenants, et pareillement entre ces derniers.

- La difficulté pour certains apprenants à travailler seuls et d'avoir la capacité à organiser son temps consacré à la formation. Il est donc nécessaire de préparer un accompagnement adéquat.
- La perte de motivation, surtout lorsqu'elle est exclusivement intrinsèque. Par exemple un individu lorsqu'il rencontre des difficultés, comme des dysfonctionnements, ou qu'il manque de temps à consacrer à la formation, il perd la motivation qu'il avait au début.
- Un manque de ressources expertes: l'EAD demande des compétences mixtes en multimédia et en pédagogie. Donc il ne faut pas hésiter à faire appel à des professionnels dans ce domaine.

3 MÉTHODOLOGIE

Pour répondre à notre problématique, et évaluer la satisfaction des étudiants de la faculté des sciences de l'éducation de Rabat vis-à-vis de l'expérience imposée d'enseignement à distance en période de confinement sanitaire, nous avons donc procédé à une recherche exploratoire, à travers un questionnaire.

3.1 ECHANTILLON

Notre questionnaire a été destiné à un échantillon de 174 étudiants de la faculté des sciences de l'éducation de Rabat (Maroc). La population d'étude a été sollicitée pour remplir un questionnaire par courriers électroniques. Cette méthode a été choisie du fait qu'elle permet de respecter les mesures de précaution sanitaire pendant la période de confinement sanitaire. Le questionnaire était simple, facile d'accès et surtout consultable sur tous les supports (Ordinateurs, Tablettes et Smartphones).

3.2 COLLECTE DES INFORMATIONS: QUESTIONNAIRE EN LIGNE

Le questionnaire a été élaboré et mis en ligne via Google Forms.

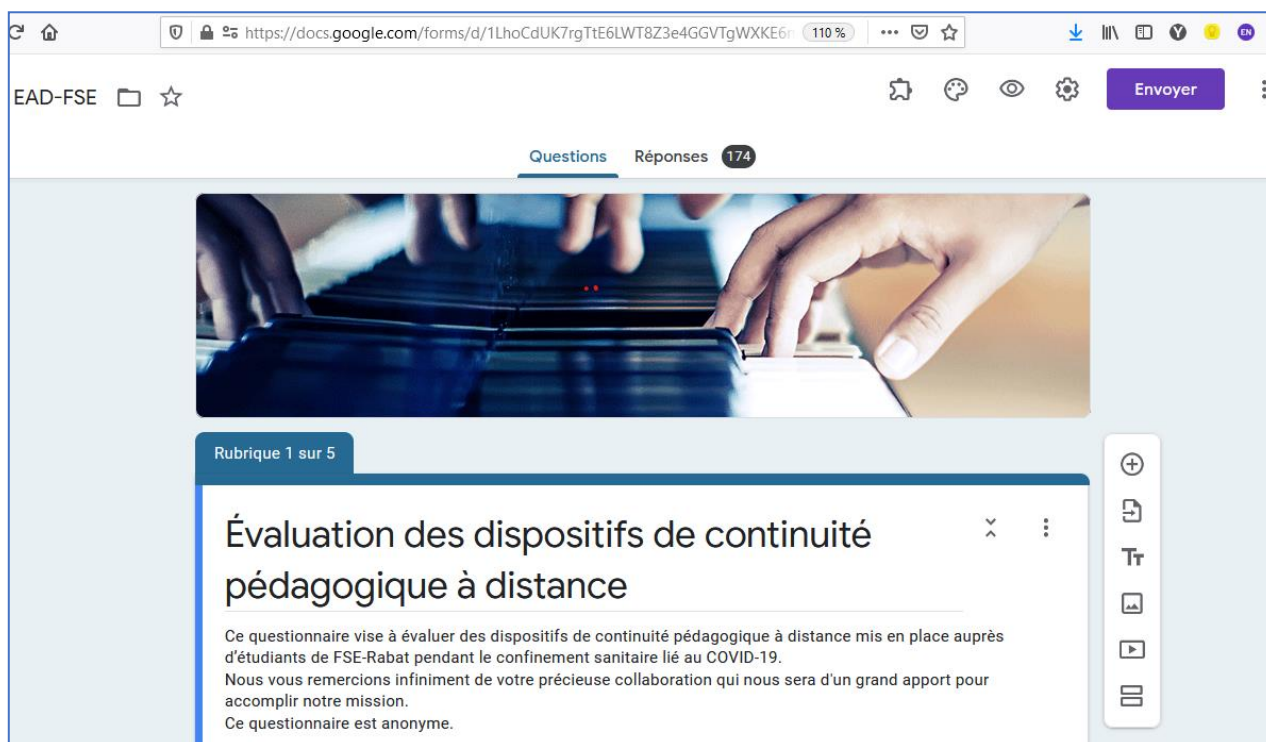


Fig. 1. Capture d'écran d'une partie du questionnaire mis en ligne via Google Forms

Le questionnaire était composé de questions ciblées (22 questions) relevant de six items:

- Item 1: Les données personnelles
- Item 2: Les usages des TIC et la disponibilité d'outils informatiques chez les étudiants.
- Item 3: Le degré de satisfaction perçu par les étudiants à l'issue de l'expérience d'EAD.
- Item 4: Les contraintes rencontrées lors de l'enseignement à distance.
- Item 5: Propositions et suggestions des étudiants à la suite de cette expérience.

3.3 TRAITEMENT DES DONNÉES

Après le recueil des réponses des étudiants au questionnaire, le traitement pour l'analyse des données a été réalisé à l'aide des logiciels **SPSS** et Excel: ces derniers ont été utilisés particulièrement pour le traitement descriptif des répartitions des modalités des différents items du questionnaire.

4 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

4.1 LES DONNÉES PERSONNELLES

Notre échantillon est composé de 174 étudiants (70,7 % femmes et 29,3% hommes); cette répartition genre reflète la répartition notée au niveau de la totalité de la population estudiantine de la faculté des sciences de l'éducation de Rabat. La quasi-totalité des étudiants est encore jeune: 75,3% ont une moyenne d'âge inférieure à 30 ans et seulement 5,7 % supérieure à 40 ans.

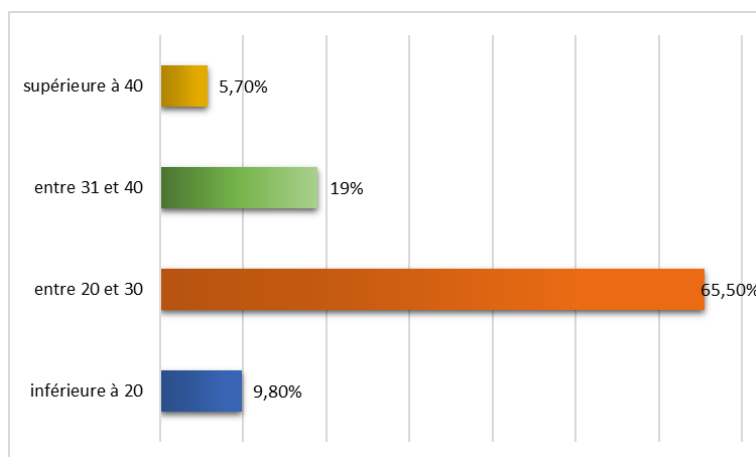


Fig. 2. Répartition des répondants en fonction de l'âge

Quant aux cycles de formation relevés dans l'échantillon, les cycles de licences fondamentale et professionnelle et de master sont représentés respectivement par un pourcentage de 18,4%, 44,3% et 37,4 %. Selon la situation professionnelle, environ 40% des étudiants sont salariés.

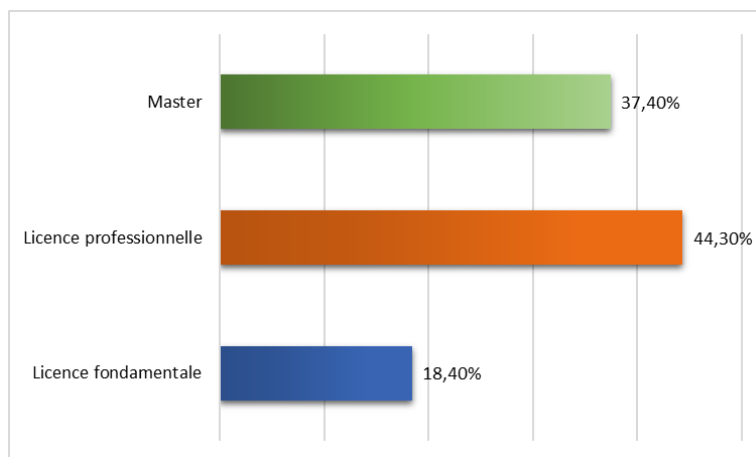


Fig. 3. Répartition des répondants en fonction du cycle de formation

4.2 LES USAGES DES TIC ET LA DISPONIBILITÉ D'OUTILS INFORMATIQUES CHEZ LES ÉTUDIANTS.

Les résultats montrent que 95,4% ont une connexion internet permanente, 86,80% ont un ordinateur personnel et 89,1% ont un smartphone. Aucun étudiant n'a déclaré un manque total d'équipements, ce qui traduit une disponibilité satisfaisante des outils informatiques chez les étudiants pour bénéficier d'un enseignement à distance.

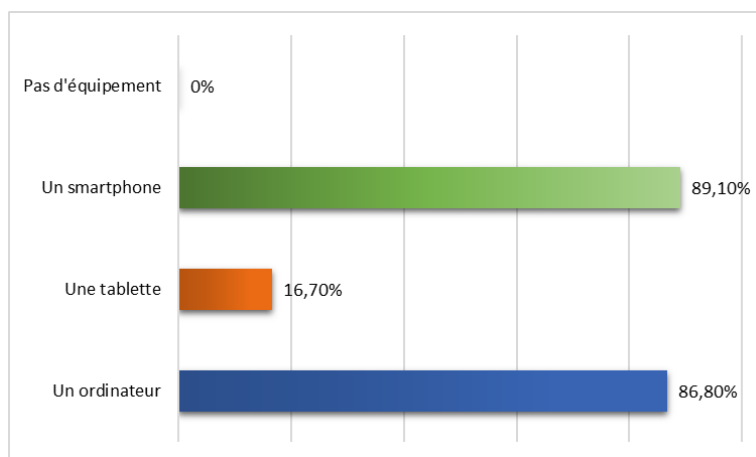


Fig. 4. De quel équipement personnel disposez-vous ?

Quant aux usages personnels des TIC, on constate qu'ils relèvent essentiellement de moyens d'échanges à travers les réseaux sociaux (93,7%), de bureautiques (81,6%), de messagerie (81,8%) et de recherches documentaires (69,5%).

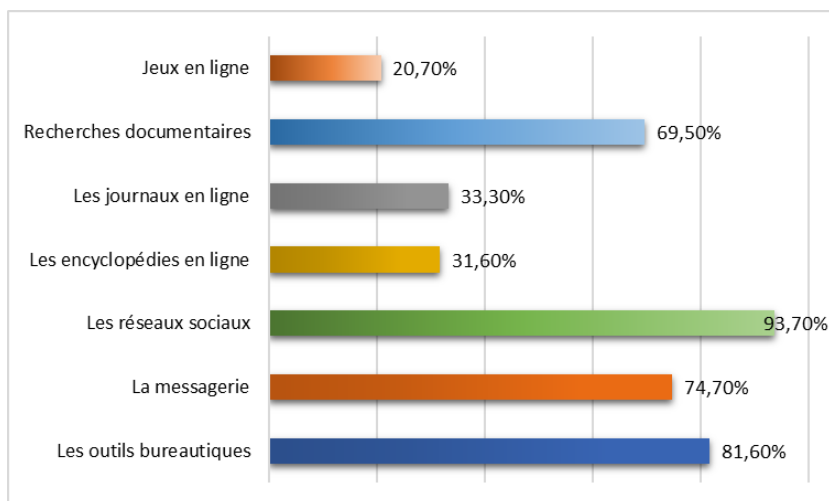


Fig. 5. Usages personnels des TIC par étudiants

Le niveau de maîtrise des TICE par les étudiants est globalement bon (89,1%), sachant que la majorité des répondants relevant du département de technologies éducatives. Par ailleurs, 67.8 % des étudiants ont vécu auparavant une expérience d'enseignement en ligne. Ces résultats représentent en soi un atout majeur en faveur de faciliter le travail dans le cadre de l'enseignement à distance [17-19].

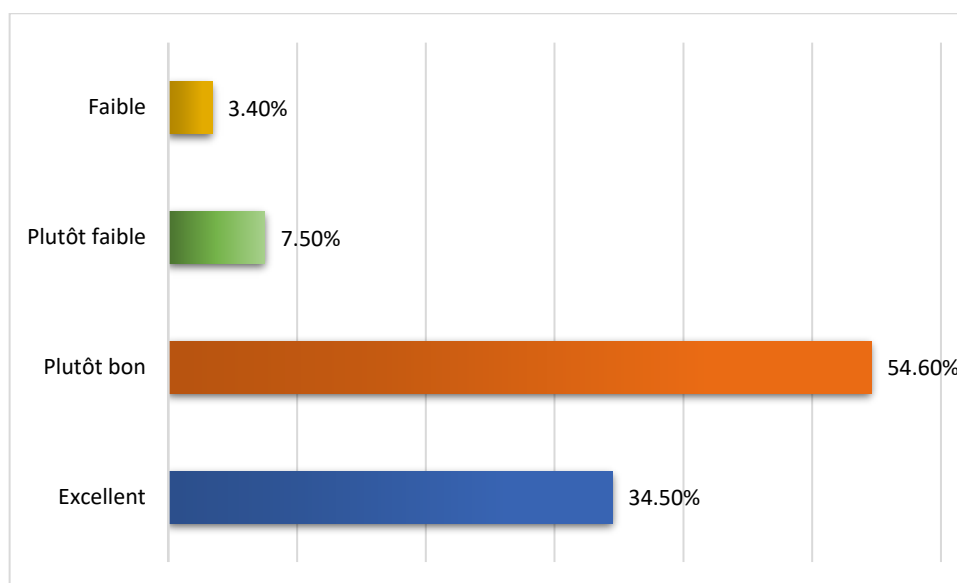


Fig. 6. Répartition des répondants en fonction du niveau de maîtrise des TIC

4.3 LES CONTRAINTES RENCONTRÉES LORS DE L'ENSEIGNEMENT À DISTANCE

Un tiers des étudiants déclare ne pas avoir eu de difficultés particulières lors de l'enseignement à distance. Les tiers restants se sont plaints de la connexion internet, du manque de matériel informatique et du manque de familiarité avec les environnements d'apprentissage en ligne. Cette dernière difficulté, typiquement technique, a été surmontée progressivement de manière autonome (autoformation) ou à l'aide des collègues et des enseignants.

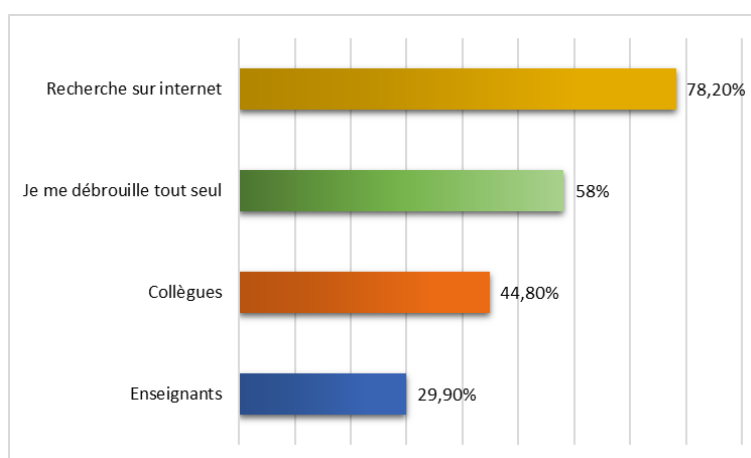


Fig. 7. Soutien dans la résolution des problèmes techniques

4.4 LE DEGRÉ DE SATISFACTION PERÇU PAR LES ÉTUDIANTS À L'ISSUE DE L'EXPÉRIENCE D'EAD

Les résultats obtenus, à l'aide d'une échelle de Likert avec cinq modalités, indiquent que seulement environ 9% des étudiants ont déclaré une faible satisfaction; et que les deux tiers des étudiants de notre échantillon sont pleinement satisfaits des dispositifs d'enseignement à distance exploités pour assurer la continuité pédagogique au sein de la faculté des sciences de l'éducation de Rabat.

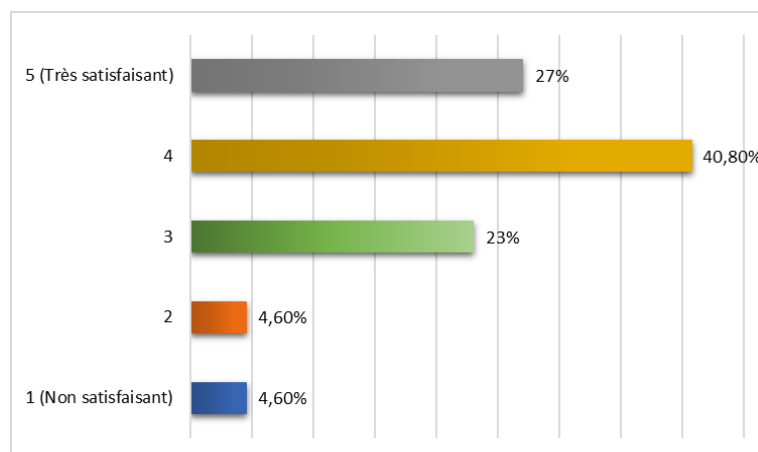


Fig. 8. Degré de satisfaction générale des étudiants à l'issue de l'expérience vécue d'EAD

Par ailleurs, nous avons relevé, du moins dans l'échantillon d'étudiants concerné par notre étude, que le genre, l'âge, le cycle de formation, la connexion à internet ou le degré de maîtrise des TIC, n'avaient pas d'influences particulières sur la satisfaction de ces étudiants. En revanche, cette dernière est influencée par la situation professionnelle (la dépendance est très significative. $\chi^2 = 21,35$, ddl = 2, $1-p = >99,99\%$) et par la formation aux usages des TIC (la dépendance est significative. $\chi^2 = 7,48$, ddl = 2, $1-p = 97,62\%$).

Les dispositifs d'EAD qui ont reçu un jugement très favorable (plus de 90%) quant à leur efficacité pendant la continuité pédagogique sont notamment Google Classroom et Google Meet. Ce résultat peut être expliqué par les qualités techniques et pédagogiques de ces Outils:

Google Meet permet d'organiser et de participer à des visioconférences favorisant une interaction directe. Il permet également d'enregistrer les réunions avec les étudiants pendant qu'elles ont lieu, et de retrouver l'enregistrement dans Google Drive.

La plateforme Google Classroom dispose d'une application mobile pour un accès facile à tout moment et en tout lieu [20, 21]. Elle permet également aux enseignants et aux apprenants de communiquer facilement [22]. Elle facilite la création des cours, la distribution des devoirs, et simplifie l'organisation du travail scolaire [23, 24]. Elle permet également de planifier des activités d'apprentissage actif et collaboratif [25].

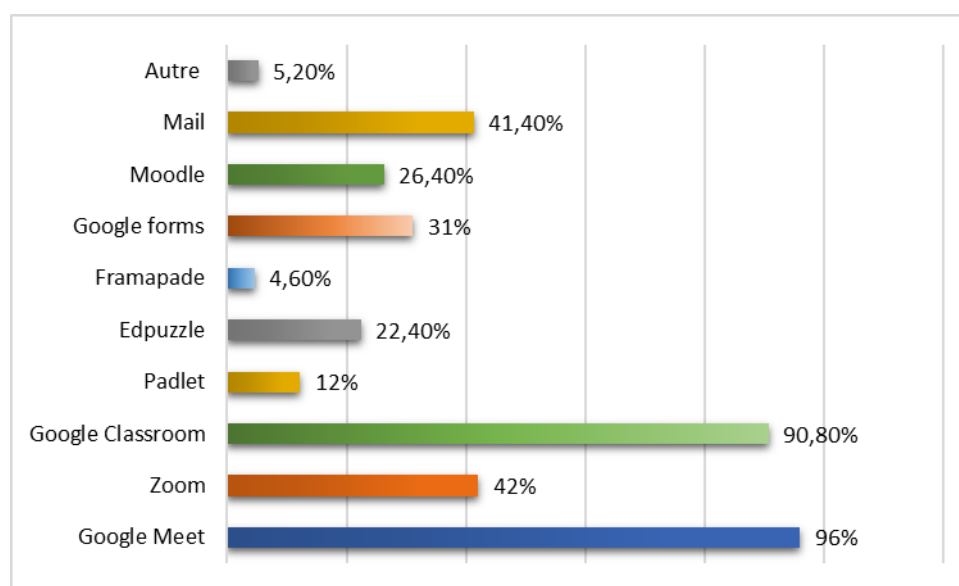


Fig. 9. Quels dispositifs estimez-vous plus efficaces pour votre enseignement à distance ?

En ce qui concerne, les ressources pédagogiques numériques exploitées en EAD, on note que la majorité des répondants a apprécié fortement les supports interactifs comme les présentations PPT et les vidéos; en revanche, les documents partagés sous format Word ou audio ont été moins appréciés par les étudiants.

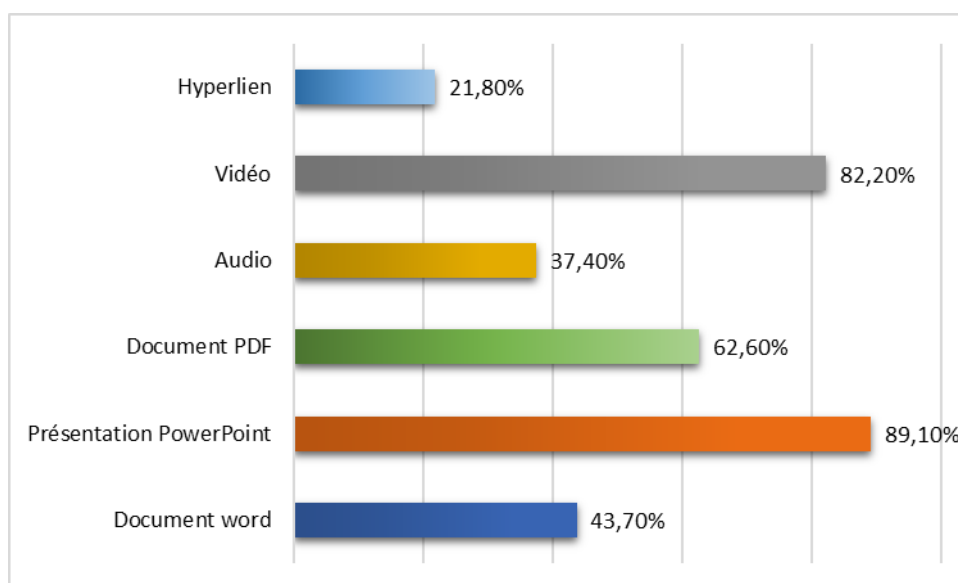


Fig. 10. Quels supports estimez-vous plus efficaces pour votre enseignement à distance ?

D'un autre côté, une forte majorité des étudiants est ressortie, à l'issue de cette expérience, avec le sentiment que l'EAD a favorisé leur apprentissage autonome (74,10%) et leur manière d'apprendre (87,9%). Néanmoins, plus de 85% des étudiants estiment que l'EAD est plus adapté aux cours théoriques. De ce fait, les deux tiers des étudiants considèrent que l'EAD ne peut pas remplacer l'enseignement en présentiel; car ce dernier est plus adapté aux activités pratiques et aux travaux dirigés.

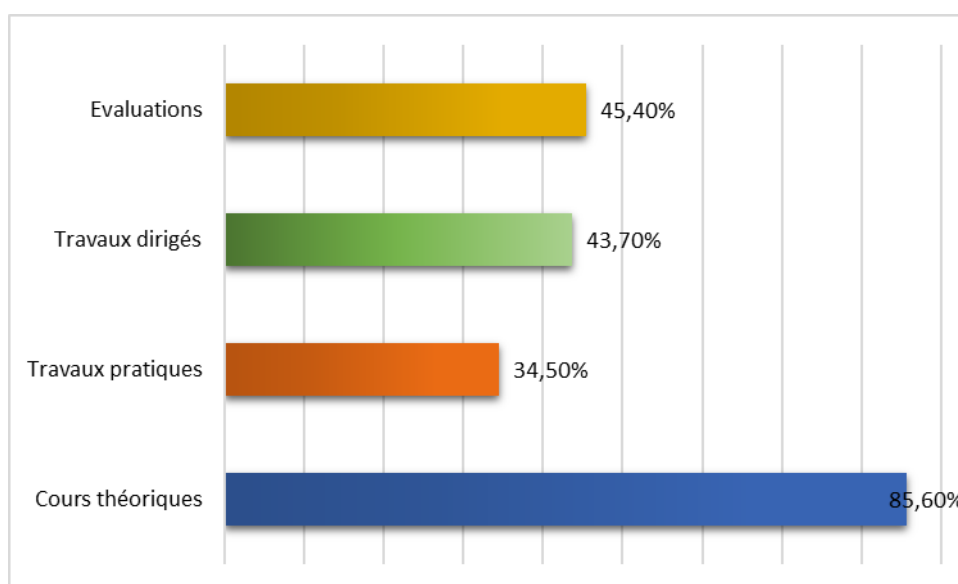


Fig. 11. Quelles activités estimez-vous plus adaptées à un EAD ?

Par ailleurs, nos résultats indiquent qu'une faible minorité des étudiants (14,9%) qui préfère le mode d'enseignement entièrement en présentiel et que presque la moitié d'entre eux préfère le mode d'enseignement hybride. Le reste des étudiants, constitué essentiellement des salariés, préfère un mode entièrement à distance parce qu'il prend en considération leurs contraintes.

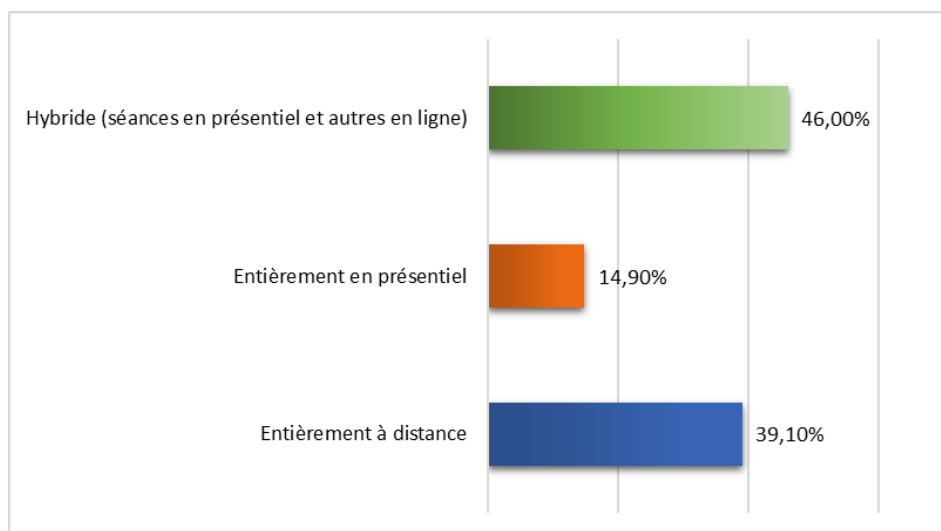


Fig. 12. Mode d'enseignement préféré par les répondants

Enfin, nous pensons fortement que l'expérience réussite de l'EAD, vécue par les étudiants de la faculté des sciences interrogés, est en fait à l'origine d'une perception très positive de ce mode d'enseignement. En effet, environ 84% des étudiants sont convaincus que l'EAD, en complément de l'enseignement en présentiel, peut améliorer la formation universitaire.

4.5 SUGGESTIONS DES ÉTUDIANTS À L'ISSUE DE L'EXPÉRIENCE VÉCUE DE L'EAD

Les suggestions relevées auprès des étudiants interrogés se résument selon les points suivants:

- Avoir des équipements matériels suffisants.
- Renforcer le soutien et l'accompagnement pour résoudre les problèmes techniques.
- Renforcer l'interaction et la collaboration en ligne à l'aide des technologies éducatives disponibles.
- Enrichir les cours par des supports interactifs (vidéos interactives, exercices interactifs...).
- Préparer et enregistrer d'avance des capsules vidéo et les poster dans les plateformes.
- Permettre l'accès libre à des bibliothèques numériques.
- Concevoir des modalités d'évaluation plus adaptées avec un enseignement à distance.

Ces recommandations et suggestions sont très pertinentes pour faire adhérer au mieux les futurs étudiants à l'enseignement à distance.

5 CONCLUSION

La présente recherche, menée auprès de 174 étudiants après le premier semestre de l'année universitaire en cours, visait essentiellement à évaluer le degré de satisfaction perçu par un échantillon d'étudiants de la faculté des sciences de l'éducation de Rabat à l'issue de l'expérience imposée d'enseignement à distance en période de confinement sanitaire et à déterminer les principales contraintes rencontrées au cours de ce processus.

Les résultats obtenus ont montré que les deux tiers des étudiants interrogés étaient pleinement satisfaits des dispositifs d'enseignement à distance exploités pour assurer la continuité pédagogique. Ces résultats révélateurs sont en concordance avec d'autres recherches menées également au sein de certaines facultés marocaines à accès régulé comme la faculté de médecine de Marrakech [26]. Toutefois, autres recherches menées globalement au sein des établissements à accès ouvert ont indiqué une faible satisfaction des étudiants [27-29].

Par ailleurs, une forte majorité des étudiants est très convaincue qu'un enseignement à distance, en parallèle avec un enseignement en présentiel consacré particulièrement aux travaux dirigés et pratiques, peut améliorer la formation universitaire. Plus encore, la majorité des étudiants salariés ont privilégié le mode d'enseignement à distance qui répond parfaitement à leurs contraintes. Néanmoins, presque les deux tiers ont déclaré que l'EAD ne peut pas remplacer entièrement l'enseignement en présentiel; car, il est plus adapté aux cours théoriques. De ce fait, nous recommandons une évaluation

objective des expériences d'EAD menées récemment dans le contexte marocain avant une éventuelle institutionnalisation de ce mode d'enseignement.

D'autre part, cette enquête nous a permis d'identifier également les principaux facteurs qui entachent négativement sur l'enseignement à distance. Ces facteurs sont liés essentiellement à l'insuffisance des équipements, au manque de soutien technique et au manque de familiarité avec les environnements d'apprentissage en ligne. Un accompagnement sous forme de tutorat et une aide financière, devraient être accordés à nos étudiants afin de surmonter les difficultés techniques [30].

Enfin, nous pensons que cette expérience a poussé les acteurs éducatifs à innover en faisant ainsi de cette crise une opportunité pour accélérer la transformation digitale dans le secteur de l'éducation et pour développer les compétences numériques des étudiants. Les recommandations et suggestions des étudiants seront très pertinentes pour mener une réflexion sur la pédagogie universitaire et pour faire adhérer au mieux les futurs étudiants à l'enseignement à distance.

REFERENCES

- [1] Bonfils, P. and P. Dumas. Mondes virtuels et enseignement à distance: de nouvelles perspectives? in TiceMed 2007. 2006.
- [2] Unesco, Glossaire des termes de technologie éducative. Paris. 1987.
- [3] Glikman, V., Formation à distance. CHAMPY, Philippe; ETÉVÉ, Christiane. Dictionnaire Encyclopédique de l'Éducation de Formation. Paris: Nathan, 1994.
- [4] Lebrun, M., E-Learning pour enseigner et pour apprendre-Allier pédagogie et technologie. Louvain-la-Neuve: Ed. Bruylant-academia, 2005.
- [5] Obono Mba, A., La Formation a distance au Gabon: Enjeux et perspectives. 2008, Rouen.
- [6] Wise, A., Joint Information Systems Committee. Encyclopedia of library and information science, 2005: p. 271.
- [7] Drissi, M.M.h., M. Talbi, and M. Kabbaj, La formation à distance: un système complexe et compliqué. Revue de l'EPI (Enseignement Public & Informatique), 2006.
- [8] Samia, A., E-Learning Adaptatif: Gestion intelligente des ressources pédagogiques et adaptation de la formation au profil de l'apprenant. 2014.
- [9] Gil, P., E-formation: NTIC et reengineering de la formation professionnelle. 2000: Dunod.
- [10] Temperman, G., Visualisation du processus collaboratif et assignation de rôles de régulation dans un environnement d'apprentissage à distance. 2013, Université de Mons.
- [11] Denami, M.A. and P. Marquet, Le sentiment d'isolement en formation ouverte à distance (FOAD): quelle réalité, quelles conséquences? The feeling of isolation in Open and Distance Learning: which reality and consequences? 2015, Frantice.
- [12] Prat, M., E-learning, réussir un projet: pédagogie, méthodes et outils de conception, déploiement, évaluation. 2008: Editions ENI.
- [13] Raby, C., et al., Usage des TIC en pédagogie universitaire: point de vue des étudiants. Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire/International Journal of Technologies in Higher Education, 2011. 8 (3): p. 6-19.
- [14] Dussarps, C. and D. Paquelin, Pratiques sociales en formation à distance. Entre solitude et abandon. Netcom. Réseaux, communication et territoires, 2014 (28-3/4): p. 257-268.
- [15] Garrot, T., M. Psillaki, and S. Rochhia, Réflexion sur les enjeux du développement du e-learning à partir de l'étude de quatre universités européennes. Réseaux, 2009 (3): p. 111-136.
- [16] Güsewell, A., et al., Mus-e-port. Suivi scientifique de la mise en place d'un dispositif d'accompagnement des étudiant. es en master de pédagogie par portfolio électronique. L'intégration du numérique dans l'enseignement. Apprentissage musical, instrumental et vocal, 2018: p. 149-185.
- [17] Jawadi, N. and A. El Akremi, Articles in French-II: E-Learning Adoption Determinants: A Modified Technology Acceptance Model. Communications of the Association for Information Systems, 2006. 18 (1): p. 2.
- [18] Ong, C.-S. and J.-Y. Lai, Gender differences in perceptions and relationships among dominants of e-learning acceptance. Computers in human behavior, 2006. 22 (5): p. 816-829.
- [19] Ngai, E.W., J. Poon, and Y.H. Chan, Empirical examination of the adoption of WebCT using TAM. Computers & education, 2007. 48 (2): p. 250-267.
- [20] Ventayen, R.J.M., et al., Usability evaluation of google classroom: Basis for the adaptation of gsuite e-learning platform. Asia Pacific Journal of Education, Arts and Sciences, 2018. 5 (1): p. 47-51.
- [21] Sorolla Labrador, M., Médiation numérique des savoirs: analyse d'un dispositif info-communicationnel à l'école primaire en Espagne. 2018.
- [22] Iftakhar, S., Google classroom: what works and how. Journal of Education and Social Sciences, 2016. 3 (1): p. 12-18.
- [23] Zhang, M., Teaching with Google Classroom. 2016: Packt Publishing Ltd.
- [24] Al-Marouf, R.A.S. and M. Al-Emran, Students Acceptance of Google Classroom: An Exploratory Study using PLS-SEM Approach. International Journal of Emerging Technologies in Learning, 2018. 13 (6).

- [25] Shaharane, I.N.M., J.M. Jamil, and S.S.M. Rodzi. Google classroom as a tool for active learning. in AIP Conference Proceedings. 2016. AIP Publishing LLC.
- [26] Sebbani, M., et al., Implementation of Online Teaching in Medical Education: Lessons Learned from Students' Perspectives during the Health Crisis in Marrakesh, Morocco. Education Research International, 2021. 2021.
- [27] BENJELLOUN, A., F. KADDARI, and B. EL GHARBAOUI, La pédagogie numérique comme solution à la continuité pédagogique en temps du COVID-19 (Cas des étudiants de la ville de Fès). Alternatives Managériales Economiques, 2021. 3 (1): p. 670-686.
- [28] Elmendili, S. and S. Saaidi, Les Pratiques de l'enseignement à distance dans l'université marocaine à l'ère du coronavirus: Cas de l'université Mohammed V de Rabat. The Journal of Quality in Education, 2020. 10 (16): p. 71-102.
- [29] HAMDANI, Y., L'évaluation de l'enseignement à distance par les étudiants dans les universités marocaines au temps du COVID-19: Expériences et perspectives. Revue Marocaine de l'Évaluation et de la Recherche en Éducation, 2021. 5.
- [30] Louiz, D., Enseigner à distance au temps du Covid-19, cas de la Faculté des Lettres et des Sciences Humaines Ibn Tofail de Kénitra. Didactique, Sciences Cognitives et Littérature, 2020 (4): p. 96-113.

Femme et le développement de la filière rizicole dans le département d'Oumé

[Women and development of the rice industry in the Oumé department]

Kanga Koco Marie Jeanne

Chargée de Recherche au Centre de Recherche en Ecologie (CRE) de l'Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2021 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 department of Oumé is a local rice production area. Yet in Côte d'Ivoire, women occupy a central place in subsistence agriculture. This article aims to examine the contribution of women in the development of the rice sector in the department of Oumé. The methodology adopted to achieve this objective combined documentary research and field surveys. The results show that women, directly or indirectly, are key players at all stages. They operate small plots. The activity is 82% in the hands of foreigners. A large part of the income generated is used for family expenses, which often undermine their financial autonomy.

KEYWORDS: Ivory Coast, Oumé department, woman, development, sector, rice cultivation.

RESUME: Le département d'Oumé est une zone de production du riz local. Or en Côte d'Ivoire, la femme occupe une place centrale dans l'agriculture de subsistance. Ce présent article se propose d'examiner la contribution des femmes dans le développement de la filière rizicole dans le département d'Oumé. La méthodologie adoptée pour atteindre cet objectif a combiné la recherche documentaire et les enquêtes de terrain. Les résultats attestent que les femmes directement ou indirectement constituent des acteurs clés de la filière du riz. Elles exploitent de petites parcelles. L'activité est à 82% aux mains des agricultrices étrangères. Une part importante des revenus générés est utilisée pour les charges de la famille mettant souvent à mal leur autonomie financière.

MOTS-CLEFS: Côte d'Ivoire, département d'Oumé, femme, développement, filière rizicole.

1 INTRODUCTION

L'autonomisation des femmes dans l'agriculture est un élément essentiel pour renforcer la résilience des ménages et des communautés en matière de sécurité alimentaire et nutritionnelle (Sasha Mentz-Lagrange et Peter Gubbels, 2019, p1). En effet, les femmes rurales dont la majorité dépend des ressources naturelles et de l'agriculture pour leur subsistance occupent sur le continent une place centrale dans l'agriculture de subsistance. Dans les pays en développement, les femmes rurales représentent environ 43% de la main-d'œuvre agricole. En Côte d'Ivoire, l'économie ivoirienne est essentiellement basée sur l'agriculture. La main-d'œuvre féminine représente près de 67% et produit 60 à 80% du vivrier.

En Côte d'Ivoire, le riz joue un rôle important dans l'économie et dans la consommation des ménages urbains et ruraux. Il connaît une importance grandissante, suivant ainsi la forte croissance des populations urbaines (Kotchi et al, (2009 p1)). Selon la FOA (2010, p), la consommation est estimée à 1 300 000 tonnes de riz blanchi par an, soit environ, 58 kg par personne. Du fait de la demande croissante eu égard à la croissance démographique en général et urbaine en particulier, la demande en riz s'est accrue au fil des années. Le riz est devenu progressivement au cours des dernières décennies, une denrée au centre de l'alimentation de la population ivoirienne (FIRCA, 2011 p6). Cette denrée occupe le 3ème rang des productions alimentaires après l'igname et le manioc et représente 6 à 8% des productions vivrières.

Dans le département d'Oumé, à l'instar de la Côte d'Ivoire forestière, l'agriculture a été développée depuis la période coloniale jusqu'à aujourd'hui. Cette agriculture aussi riche que variée a joué et continue de jouer un rôle déterminant dans son développement et celui du pays. Cependant, de toutes les cultures vivrières, le riz est la spéculation vivrière la plus importante avec 39 388 tonnes (GUELE Gué Pierre, 2016, p99)).

Face à ce constat, cette présente étude se propose d'analyser la contribution des femmes dans la filière rizicole dans le département d'Oumé.

2 MATERIELS ET METHODE

2.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Le département d'Oumé est un département de la région du Gôh, dans le District du Goh-Djiboua. Elle se situe au centre-ouest du pays à 250 km d'Abidjan 6° 23' 00" nord, 5° 25' 00" ouest. Il est limité à l'Est par le Département de Toumodi, à l'Ouest par le Département de Sinfra, au Nord par le Département de Yamoussoukro et au Sud par le Département de Divo et le Chef-lieu de Département de Gagnoa. Le Département d'Oumé couvre environ 4 400 km² (figure 1). Le département d'Oumé regorge une variété de spéculations vivrières dont les principales sont: le riz, le maïs, la banane plantain, le manioc, l'igname, la tomate, l'arachide, l'aubergine, le piment, le gombo.

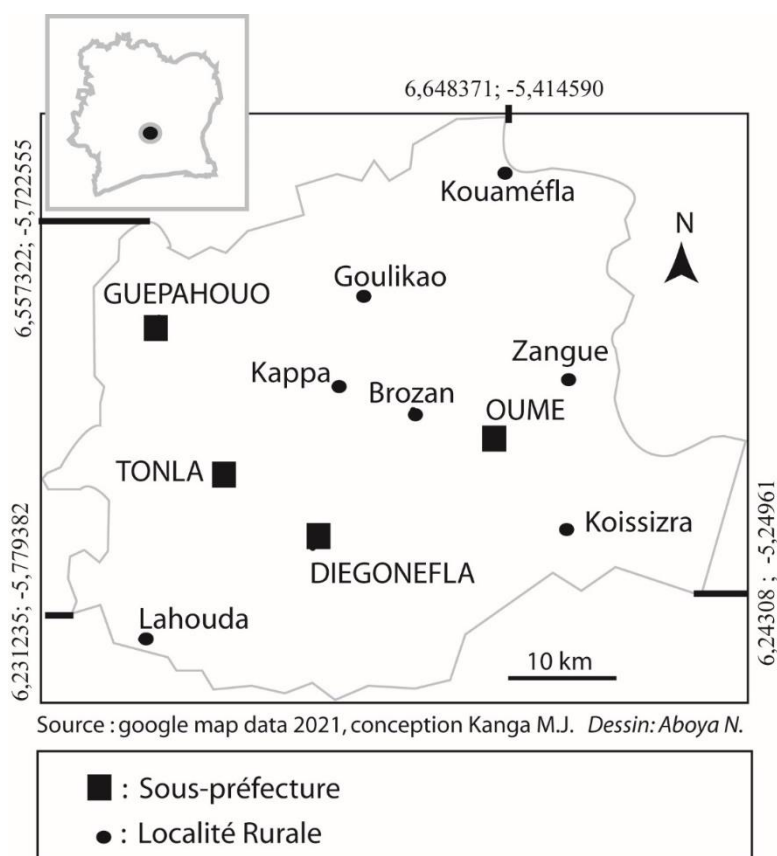


Fig. 1. Situation géographique du Département d'Oumé

2.2 MÉTHODE DE COLLECTE DE DONNÉES

Pour mener à bien cette étude afin d'atteindre notre objectif, nous avons opté pour une démarche méthodologique combinant une recherche documentaire et une enquête de terrain. Pour la recherche documentaire, nous avons eu recours à diverses sources que sont des rapports d'activité de l'Agence National d'Appui au Développement Rural (ANADER), d'articles de revues scientifiques, rapports d'activité consultés sur internet et dans la bibliothèque de l'Institut de Géographie Tropicale (IGT). Les informations ont porté pour la plupart sur les actions de l'État pour booster ce secteur et les contraintes et les acteurs de la production. Ensuite, nous avons mené une enquête de terrain qui s'est effectuée en sept jours pendant le mois de juillet 2021. À l'aide d'un questionnaire, nous avons parcouru les

chefs lieu des quatre Sous-préfectures que compte le département. L'enquête a ciblé les femmes qui sont impliquées dans la riziculture. Ainsi, pour constituer l'échantillon de notre étude, nous nous sommes appuyés sur les coopératives de riz existantes et interrogé les femmes rencontrées devant les unités de transformation du paddy.

Les principaux critères de choix étaient leur disponibilité à répondre aux questions et la pratique d'au moins une des activités (production, transformation ou commercialisation) en lien avec la riziculture. Au total, 80 personnes constituées de productrices et commerçantes dans les quatre chefs-lieux de sous-préfectures à raison de 20 femmes par sous-préfecture et 3 transformatrices ont été enquêtées. En plus de ces femmes, nous avons eu des entretiens avec une autre catégorie de femme qui interviennent dans le développement de la filière de façon indirecte.

3 RÉSULTATS

3.1 LES FEMMES, DES ACTRICES CLÉS DANS LA CHAÎNE DE VALEUR

De la production à la commercialisation, l'activité rizicole exige différentes étapes impliquant plusieurs acteurs. L'on enregistre une présence importante de femme qui peut être classée en deux catégories. Les résultats de cette enquête permettent de classer les femmes en deux grandes catégories d'acteurs que sont les actrices directes et celles indirectes.

3.1.1 LES ACTRICES DIRECTES

L'on appelle les femmes qui sont directement impliquées dans la filière. Ce sont les productrices, les transformatrices et les commerçantes.

LES PRODUCTRICES: elles sont pour certains membres de coopératives rizicoles et les autres sont indépendantes. Le riz pluvial est le mode le plus répandu du fait du manque de bas-fonds aménagés. Le travail est manuel, artisanal. De la préparation des parcelles de culture à la récolte du paddy, tout le travail se fait manuellement avec les outils artisanaux tels que la daba, la houe, la faucille. Pour réduire le travail, nombre d'entre elles optent pour le semis à la volée. Cette technique consiste à saisir les semences dans la paume et les lancer. Toutefois l'entretien des parcelles de culture conditionne le rendement. Après le semis le premier soin qui consiste à pulvériser avec de l'herbicide est fait trois semaines plus tard. Ensuite, un deuxième soin est fait au bout de 1 mois et demi soit 45 jours après le semis. Les tiges de riz ayant atteint une certaine hauteur l'usage de l'herbicide est proscrit pour éviter de tuer ces tiges. Le désherbage se fait à la main. Les membres des coopératives bénéficient de prêts des coopératives pouvant atteindre 600 000F CFA en fonction des besoins pour financer leurs activités. Quant aux femmes non affiliées aux coopératives, elles se tournent vers de tierces personnes (un membre de la famille, un usurier) pour solliciter des prêts avec des modalités de remboursement très complexes parfois. Pour celles qui ont un peu de moyens et qui ont de vastes étendues, elles louent les tracteurs pour le labour et le semis à hauteur de 50000 à 60000 à l'hectare. De façon générale les femmes rizicultrices travaillent sur de petites parcelles voire figure 2.

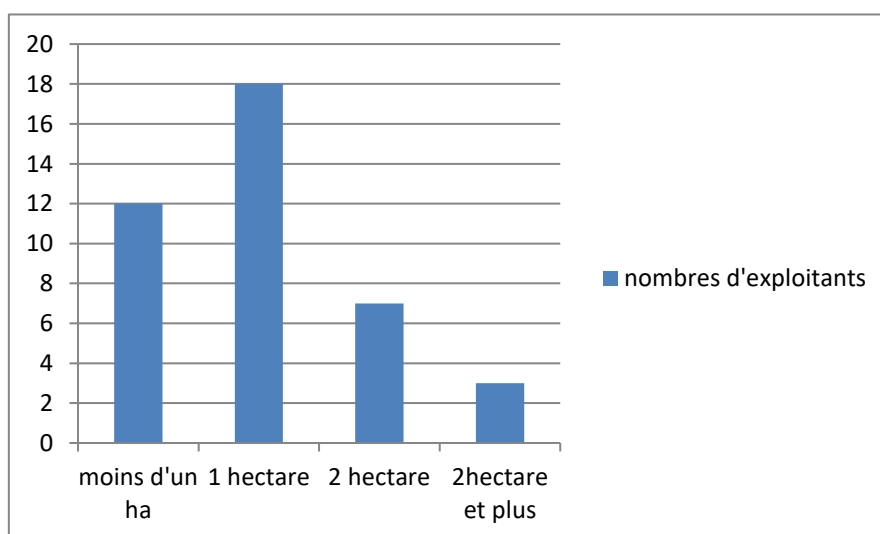


Fig. 2. Répartition des rizicultrices enquêtées selon les superficies exploitées

Source: nos enquêtes 2021

La figure 2 donne un aperçu de la taille des parcelles de riz exploitées par les femmes. Dans l'ensemble les femmes exploitent des parcelles de moins d'un hectare. Certaines productrices par contre tendent à se distinguer de par la taille de leur exploitation comme le montre la photo 1. Les productions pour la campagne 2019-2020 varient de 3 à 10 tonnes dans l'ensemble.

LA TRANSFORMATION: contrairement à la production, très peu de femmes sont impliquées dans la transformation. Depuis 2000, les femmes sont impliquées dans la transformation par la mise en place d'unité moderne et performante. Aujourd'hui l'on dénombre trois moulins appartenant à des femmes sur les dix-neuf que compte le département. Ce sont des machines de type moderne de capacité 3 à 15 tonnes de riz blanchi par jour (photo 1).



Photo 1: Une unité de transformation à Oumé appartenant à une femme

Source: Kanga 2021

La machine est équipée d'une épierreuse qui permet d'obtenir un riz blanc très propre et sans cailloux. Ces unités de décortique sont gérées par elles-mêmes. Pour l'approvisionnement régulier de leurs unités, ces femmes explorent trois sources. D'abord il y a l'auto approvisionnement. C'est-à-dire qu'elles produisent elles-mêmes le riz et toute la récolte est acheminée à leur moulin. La seconde source c'est la subvention des paysans par l'octroi de prêts en espèces ou en nature (produits phyto sanitaires, des semences, etc.). En effet, le prêt est un moyen de contrôle des producteurs de disposer davantage de produits. Lorsqu'un producteur est préfinancé, c'est toute sa production qui est hypothéquée. Car il ne peut se permettre de vendre ailleurs alors que le prix d'achat au kilogramme est toujours inférieur au prix du marché. En outre, ces moulins sont d'important maillon de distribution. L'achat du paddy se fait soit bord champ ou les producteurs eux-mêmes convoient leur production jusqu'aux moulins ensuite transformés souvent vendus sur place au détail ou en gros à des commerçantes venues de Yamoussoukro, Divo, Abidjan, etc.

Selon les responsables de ces moulins, les frais d'achat et d'installation de cet outil s'élèvent à près de 8000000 non compris la construction des locaux qui les abritent selon les responsables. Au moins quatre personnes (des hommes) sont employées par ces femmes pour un salaire compris entre 25000 et 30000F CFA. Le riz est blanchi à 25 FCFA le kilogramme. Malheureusement ces unités ne disposent pas de registre pour mieux apprécier les volumes traités.

LA COMMERCIALISATION: c'est le secteur qui enregistre le plus d'actrices. Les femmes ont le monopole de ce secteur. Elles peuvent être classées en trois groupes.

Les productrices-commerçantes: ce sont des productrices qui vendent une partie de leur récolte pour satisfaire à d'autres besoins quotidiens. Leur activité se limite à la période de récolte. Elles sont installées devant les moulins où elles blanchissent leur riz (Photo 2).



Photo 2: La vente du riz blanchi au détail devant l'unité de transformation

Source: nos enquêtes 2021

La photo 2 présente des productrices qui vendent leur riz blanchi au détail. Les quantités vendues n'excèdent pas les 100kg par jour. *Les commerçantes des marchés locaux*; celles-ci contrairement à la première catégorie disposent des places de ventes dans les marchés. Le commerce de riz est une activité complémentaire à leur activité de commerce. Elles interviennent dans la distribution. Elles s'approvisionnent auprès des producteurs pour le paddy ou des moulins pour le blanchi et revendent le produit au détail sur les marchés de la ville. Toutefois, certaines préfinancent des producteurs afin de disposer de la récolte de ce dernier. Elles constituent des stocks importants qu'elles vendent sur presque toute l'année.

Les commerçantes venues d'autres localités: ce sont des femmes venues de différentes villes du pays. Elles achètent des quantités importantes atteignant parfois des dizaines de tonnes. Du fait des quantités importantes qu'elles achètent, le prix est souvent réduit à une baisse de 10 à 15 F CFA le kilogramme.

En somme, les activités des femmes qui interviennent directement dans la riziculture sont plus focalisées sur la commercialisation et la production que sur la transformation.

3.1.2 DES ACTRICES INDIRECTES SERVANT DE MAIN-D'ŒUVRE

La seconde catégorie d'actrices est utilisée comme mains-d'œuvre dans les rizicultures à différentes étapes du semis à la récolte. Ces dernières sont des prestataires de service. La plupart d'entre elles ne disposent pas de parcelles de culture de riz. Elles sont sollicitées tant par les hommes que par les femmes productrices. Certaines d'entre elles se sont constituées en de petits groupes avec à leur tête une responsable qui est contactée en cas de besoin. Du fait de la pénibilité du travail de rizière, elles sollicitent de la main-d'œuvre à différents stades de la production.

Au niveau de la production: ces femmes constituent une main-d'œuvre majeure. Elles sont sollicitées pour le désherbage à raison de 30000/ha. Elles désherbent à la main et quelques rares fois avec une daba.

À la récolte, ces mêmes femmes interviennent dans la coupe du riz à l'aide d'outil artisanal. Le prix est fixé entre 25000 et 30000/ha.

Une fois le paddy au moulin, ces dernières monnaient leur service à travers le séchage et le vannage du paddy. Le prix est de 200F CFA le sac de 100kg de paddy (photo 3).



Photo 3: Des femmes contractuelles en activité de séchage du paddy

Source: Kanga 2021

Cette catégorie d'actrices est dominée à 95% de femmes allochtones et allogènes. Les allochtones sont des femmes pour la plupart des femmes sénoufo (groupe ethnique du nord de la Côte d'Ivoire). Quant aux allogènes, ce sont des femmes burkinabés à 60%, guinéennes 25% et maliennes 15%.

3.2 CARACTÉRISTIQUE SOCIODÉMOGRAPHIQUE DES ACTRICES

Le développement de la filière riz dans le département d'Oumé implique plusieurs femmes qui interviennent à différents niveaux de la chaîne. Cependant, celles-ci peuvent être organisées autour de trois profils sociodémographiques essentiels. Il s'agit de la nationalité, la tranche d'âge et le statut matrimonial (figure 3 et 4).

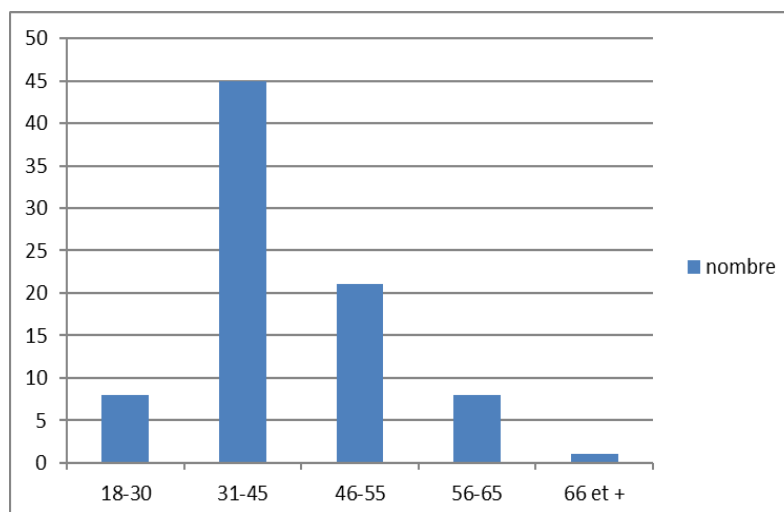


Fig. 3. Répartition des enquêtés selon la tranche d'âge

Source: nos enquêtes 2021

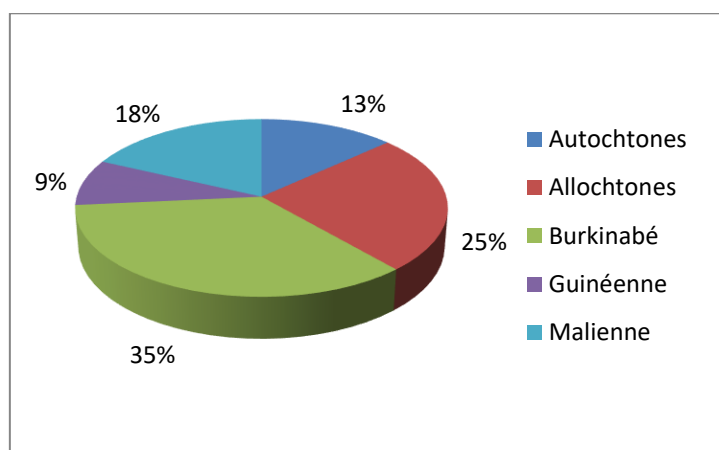


Fig. 4. Répartition selon la nationalité

Source: nos enquêtes 2021

La répartition des âges actrices enquêtées dans notre étude, s'est faite par classe d'âge. Ainsi cinq tranches d'âge ont été retenues. Il s'agit des catégories de celles ayant entre 18 et 30 ans, ceux dont l'âge est compris entre 31 et 45 ans, ceux de 46 à 55, ceux de 56 à 65 et enfin les rizicultrices ayant 66 ans et plus. Les résultats montrent que les actrices sont relativement jeunes ayant un âge compris entre 31 et 45 ans soit 56,25% des enquêtées. En revanche, celles ayant 66 et plus sont très faiblement représentées soit 1,25%. Quant aux jeunes de la tranche de 18 à 30, ils sont minoritaires ainsi que les adultes dont l'âge est compris entre 56 et 65.

Ces actrices de la riziculture sont constituées d'une part des nationaux autochtones et allochtones venus des autres régions du pays et d'autre part, des non-nationaux venus de la sous-région notamment le Burkina Faso, le Mali et la Guinée. La figure 4 montre que le secteur est dominé par les non-nationaux qui représentent 62% de la population enquêtée avec une part très active des femmes burkinabé (35%). Elles sont suivies des maliennes (18%) et les guinéennes (9%). Les nationaux ne représentent que 38% de nationaux avec une part importante d'allochtone soit 25% contre 18% d'autochtone.

Quant au niveau d'instruction, les résultats révèlent que les femmes du secteur ont en général un niveau d'instruction relativement faible. L'on constate qu'une forte proportion d'enquêtes n'a jamais été scolarisée. La plupart de ceux qui ont été à l'école se sont limités au secondaire.

3.3 LES REVENUS GÉNÉRÉS PAR L'ACTIVITÉ

L'activité rizicole permet non seulement de générer plus de revenus, mais aussi d'utiliser la production pour l'autoconsommation dans leurs ménages respectifs, contribuant ainsi à la sécurité alimentaire. Elle constitue également une source de revenus pour une autre catégorie d'acteur de par les petits métiers qu'elle induit. Cependant, le revenu généré est fonction de l'activité menée. C'est une question très sensible pour les acteurs. Toutefois, le recoupage des réponses a permis de dégager des moyennes présentées dans le tableau 1.

Tableau 1. Répartition par tranches du revenu annuel des femmes

Revenu	Moins de 300000		300001-500000		500001-1000000		Plus 1000 000	
Nombres de femmes	5	6,02%	16	19,27%	45	54,21%	17	20,28%

Source: nos enquêtes 2021

L'observation de la tranche des revenus à travers ce tableau donne un aperçu des gains générés par cette activité. Plus de la moitié (54,21%) des répondants a un revenu annuel compris entre 500001 et 1 000000 FCFA tiré de l'activité rizicole. Pour ces personnes, productrices ou commerçantes, la riziculture est la principale activité. Elles y tirent l'essentiel de leur revenu. Les ressources générées par l'activité représentent 90 à 100% de leur revenu. Ces gains devraient constituer une véritable source d'autonomie financière pour nombre d'entre elles. Mais une part importante de ces fonds est destinée aux charges familiales notamment la nourriture et la scolarité des enfants.

4 DISCUSSION

À l'analyse des résultats, les femmes du département d'Oumé jouent de plus en plus des rôles importants dans la chaîne de valeur du riz. D'amont en aval de la filière, leur dynamisme contribue à faire de cette denrée une culture marchande pour répondre aux besoins de la population locale, nationale, et voire même internationale. Leur contribution aux activités agricoles vivrière notamment le riz est importante non seulement en termes de main-d'œuvre, mais en termes de pouvoir de décision en ce sens qu'elle contribue à la vie de sa famille et partant celle de sa communauté. Selon l'Organisation Internationale du Travail (OIT, 2012 p 1), les femmes rurales représentent une force économique pleine de ressources et contribuent aux revenus familiaux et à la croissance de la communauté de multiples façons. Aujourd'hui, l'importante valeur marchande du secteur vivrier fait de nombreuses femmes des entrepreneuses à la tête de petites unités de production, de transformation et de distribution de denrées alimentaires. C'est d'ailleurs le cas des femmes détentrices d'unités de transformation de paddy rencontrées lors de cette étude. Les résultats de G. Dolores (1989 p: 80) révèlent qu'en Espagne, la proportion de femmes parmi le total des chefs d'entreprise est significative, avec 36,6 dans le secteur agricole.

Malheureusement, comme tout secteur d'activité, les actrices font face à de nombreuses contraintes en occurrence l'accès aux parcelles de culture, aux crédits et aux intrants. En effet, le secteur de riz est dominé par les femmes allochtones et allogènes. KOUASSI BEKANTY ANGE (2019: p51) abonde dans le même sens soutient que dans la région du Gôh, 84,3% des producteurs de vivriers ne sont pas originaires de la zone dont 39,2% d'allochtones et 45,1% d'allogènes (en général des Burkinabé). GUELE Gué Pierre (op cité p: 100) fait le même constat en ces termes:

« La production vivrière à but commercial est un secteur dominé par les étrangers (Burkinabés et Maliens) et les allochtones (Sénoufo, Dioula). Ces deux groupes se spécialisent dans la culture des produits qu'on retrouve principalement dans leur aire culturelle d'origine (riz, maïs et arachide). » Les populations autochtones sont plus orientées vers les cultures pérennes telles que le café et le cacao dont les plantations ont été acquises très souvent par héritage. Quant aux "étrangers", le mode d'accès à la terre est location à raison de 60 000F CFA l'hectare ou de 2 à 4 sacs de 100 kg de paddy en fonction de la taille de la parcelle ou des liens entre le demandeur et le propriétaire terrien. Par conséquent, elles adoptent des stratégies pour faire face à certaines difficultés. Par exemple, pour accéder aux parcelles, les femmes économiquement faibles se mettent à deux ou quatre sur un même hectare ce qui revient à un demi-hectare ou un quart selon le nombre. Toutefois, la difficulté d'accès aux semences, les engrais ou les pesticides entraînent le recours vers des usagers avec des modalités de remboursement ambiguës pouvant englober toute la production du contractant de prêt.

5 CONCLUSION

Cette étude a permis de mettre en évidence le rôle des femmes dans le développement rizicole dans le département d'Oumé. Les résultats ont révélé que de façon directe ou indirecte, les femmes jouent un rôle clé à plusieurs étapes de la filière: la production, la transformation ou décorticage, la commercialisation du riz blanc et la mise à disposition de crédits pour certains producteurs. Les étrangers allogènes et allochtones monopolisent l'activité à 82%. La majorité des actrices exploitent des superficies de moins de deux hectares obtenues pour la plupart par location. Malgré les contraintes d'accès parcelles de culture, aux semences et crédits auxquelles elles sont confrontées, l'activité leur génère des ressources conséquentes soit 90 à 100% de leur revenu. En effet, 75% des femmes ont un revenu annuel de plus de 500000 F CFA. Toutefois, une part importante du revenu des femmes est destinée aux charges familiales notamment la nourriture et la scolarité des enfants limitant parfois l'autonomie financière de certaines d'entre elles.

REFERENCES

- [1] FAO. 2010. « Aperçu du développement rizicole. » FAO, Côte d'Ivoire, 9.
- [2] FIRCA. 2011. « la filière riz. » FIRCA, 40. Accès le Aout 31, 2019. <https://firca.ci>.
- [3] GUELE Gué Pierre, 2016: Activités économiques et structuration de l'espace dans le département d'Oumé centre-ouest de la Côte d'Ivoire, thèse unique Université Félix Houphouët Boigny 331p.
- [4] Joachim Kofi KOTCHI, Yagnama Rokia OUATTARA-COULIBALY and Guillaume Kouassi N'GUESSAN, « Impact socio-économique de l'aménagement hydro-rizicole de Guiguidou dans la sous-préfecture de Divo (Côte d'Ivoire) », EchoGéo [Online], 43 | 2018, Online since 22 March 2018, connection on 01 May 2019.
URL: <http://journals.openedition.org/echogeo/15275>; DOI: 10.4000/echogeo.15275.
- [5] KOUASSI BEKANTY ANGE CHIMENE DOMINIQUE, 2019: Analyse des déterminants du choix et de l'adoption de variétés améliorées de riz. Cas des zones de Gagnoa et de Korhogo en Côte d'Ivoire l'Institut National Polytechnique HOUPHOUËT-BOIGNY de Yamoussoukro (INPHB) 104p.
- [6] Organisation Internationale du Travail 2012 Document de référence: Rendons les femmes rurales autonomes - éliminer la pauvreté et la faim, Note de synthèse Journée internationale de la Femme 2012.
- [7] Pierre JACQUEMOT, 2019: *Vers une autonomisation des femmes en milieu rural en Afrique* WILL AGRI Comprendre les enjeux de l'agriculture 20p.
- [8] Sasha Mentz-Lagrange et Peter Gubbels, 2019: Promouvoir l'autonomisation des femmes dans l'agriculture pour améliorer la résilience des communautés rurales du Sahel, NOTE DE POLITIQUE: L'Agroécologie et l'Autonomisation des femmes, Ouagadougou, Burkina Faso 2p.

A PHP program for the spatial and statistical analysis of lineaments in the Dengué District (North-West of Côte d'Ivoire)

H. Pinatibi¹, T. J. H. Coulibaly¹, M. Soro², and G. J. Ouattara²

¹Department of Fundamental and Applied Sciences, mathematics and computer science Laboratory, Nangui Abrogoua University, 01 PO Box 802 Abidjan 01, Côte d'Ivoire

²Department of Environmental Sciences and Management, Geosciences and environment Laboratory, Nangui Abrogoua University, 01 PO Box 802 Abidjan 01, Côte d'Ivoire

Copyright © 2021 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The aim of this study was the writing of PHP language program to analyze lineaments. To achieve this aim, a TXT file containing the start and end coordinates of 1620 lineaments extracted from four Landsat 8 scenes (with references 198_53, 198_53, 198_54, 199_53 and 199_54) was used. Geomorphological parameters such as minimum, maximum and average lengths, as well as the spatial parameters such as the density of lineaments and density of intersections were determined through the three modules of the program which are calculation of directions modules, calculation of lengths modules and calculation of intersections point's modules. The minimum and maximum lengths of lineaments are respectively 3.95 Km and 15.90 Km and belong respectively to NW-SE and NE-SW directions. 43.9% of the lineaments are in the NE-SW direction, 28.6% are in the NW-SE direction, 11.8% in the E-W direction and 15.7% in the N-S direction. The values of the different proportions of the lineament density classes shows that the medium and high density classes represent 36.78% of the Dengué District.

KEYWORDS: Lineaments, PHP, Program, Dengué District.

1 INTRODUCTION

Lineaments can be seen as rectilinear or curvilinear geomorphological entities visible in some places on the earth's surface, they are the external manifestation of folds, fractures or underground faults [1]. Lineament mapping is an approach that has been repeatedly addressed by research in fields as wide as important. Among other things, we have the selection of areas suitable to hydro-agricultural developments; urbanization through the construction of bridges, roads, etc.; risk assessment of natural disasters such as earthquakes and landslides [2]; mining prospecting [3]; stratigraphic and geological studies [4] and spatial geomorphology [5]. The link between the strong presence of lineaments and the existence of groundwater resources is very significant because they (lineaments) can be fractures, which are deep cracks on the earth's surface collecting infiltration water to constitute the groundwater reserve [6]. The geomorphological attributes of lineaments such as length, orientation, density, and intersections have generated research interest in recent years, as they can provide valuable information for delineating areas potentially rich in groundwater. The recent development of remote sensing (multispectral images), geospatial technologies (interpolation and GIS software) and calculation algorithms will make it possible to overcome the difficulties of lineament mapping associated with traditional methods (manual methods). According to [6] a program in FORTRAN language was developed in 2003 by [7] in order to characterize the geomorphological properties (lengths and density) of lineaments, [6] developed a program in Visual Basic for the analysis of properties such as lengths, orientations, parallel and perpendicular spacings of the lineaments. All of these programs explained the details of data processing and visualization. However, the data processed by these programs can only be handled outside computer networks, which limits the dissemination of the data thus produced, internet being today an essential tool, it is necessary to develop tools for an internet environment. It is for this purpose that we have implemented this tool using the PHP programming language which allows to implement web

applications. This article describes a PHP program that can be used to calculate the geomorphological properties of lineaments (length, orientation, lineament densities and intersections etc.) in web environment.

2 METHODOLOGY

The program was written in PHP language, which is a language used for web applications. It allows thanks to the web page server named Apache and the database server named MySQL to disseminate information on the internet. PHP uses data in formats (.xls,.txt,.PDF etc.) and images in format (PNG, JPG, etc.). The PHP language also uses numeric variables with all the mathematical operators linked to these variables and allows all scientific calculations to be made. This program allows as input, data containing the geographic coordinates of lineaments to calculate geomorphological (length, number, orientations, intersections) and spatial (lineament densities, intersection density etc.) parameters.

2.1 ORIENTATION OF LINEAMENTS

The direction of the lineaments is generally represented using a rose diagram consisting of a trigonometric circle divided into four portions of 90° (in other words 360°) circles, these four portions of circles represent the directions N-S (North-South), E-W (East-West), NE-SW (North-East South-West) and NW-SE (North-West South-East) which are the four tectonic directions taken by the lineaments. These four directions constitute 18 lineament families, the N-S direction groups together the N80°-90° / N260°-270° and N90°-100° / N270°-280° families (2 families), the E-W direction groups together the N170°-180° / N350°-360° and N0°-10° / N180°-190° families (2 families), the NE-SW direction includes the N10°-20° / N190°-200°; N20°-30° / N200°-210°; N30°-40° / N210°-220°; N40°-50° / N220°-230°; N50°-60° / N230°-240°; N60°-70° / N240°-250° and N70°-80° / N250°-260° families (7 families). Finally, the NW-SE direction consists of the N100°-110° / N280°-290°; 110°-120° / N290°-300°; N120°-130° / N300°-310°; N130°-140° / N310°-320°; N140°-150° / N320°-330°; N150°-160° / N330°-340° and N160°-170° / N340°-350° families (7 families). Using Geographic Information System (GIS) software, the start and end coordinates of each lineament are extracted to form a coordinate file. Thus, for any pairs of lineament with start (X1, X2) and end (Y1, Y2) coordinates, the equation below used by [6] makes it possible to calculate the direction denoted by ω :

With X1, X2 respectively the longitude and latitude of the beginning and Y1, Y2 respectively the longitude and latitude of the end of the lineament. The implementation of this equation in PHP script (**Algorithm 1**) makes it possible to obtain the direction of all the lineaments of our coordinate file, these lineaments were extracted from the Denguélé district. These directions were calculated in the range 0° - 360°, which yielded the 18 lineament families described above.

2.2 LINEAMENT LENGTHS

The lengths which have been calculated are the minimum lengths, maximum lengths and average lengths of each lineament family. The length of the lineament can be defined as positive quantity which represents the level of distance between the starting and ending point [6]. For the calculation of the distances we used an empirical formula which makes it possible to calculate the distance between two points on a spherical surface from the geographical coordinates, this formula was used among others by the following authors ([8]; [6]).

$$D = R \cdot c \quad (1)$$

With R, the earth radius, about 6 371 km,

The direction of each lineament is given by ω , this parameter (ω) is expressed in radians in order to be transmitted as a parameter of a trigonometric function. The constant c can be obtained by using the following equations:

With :

$$\Delta Y = (Y2 - Y1)$$

$$\Delta X = (X2 - X1)$$

X1, X2 respectively the longitude and latitude of the beginning and Y1, Y2 respectively the longitude and latitude of the end of the lineament. The PHP script used to calculate the distances is in (**Algorithm 2**).

2.3 INTERSECTION OF LINEAMENTS

The determination of the intersection points with coordinates (X, Y) of two lineaments is done using the equations below used

by (Dinesh et al., 2013):

$$X = x_1 + u_a (x_2 - x_1)$$

$$Y = y_1 + u_b (y_2 - x_1)$$

With

- (x₁, y₁) and (x₃, y₃): respectively pair of coordinates (longitude, latitude) for the beginning of two crossing lineaments.
- (x₂, y₂) and (x₄, y₄): respectively pair of coordinates (longitude, latitude) for the end of two crossing lineaments.
- X, Y: the point of intersection of the two crossing lineaments

The PHP script in (**Algorithm 3**) gives the intersection of lineaments.

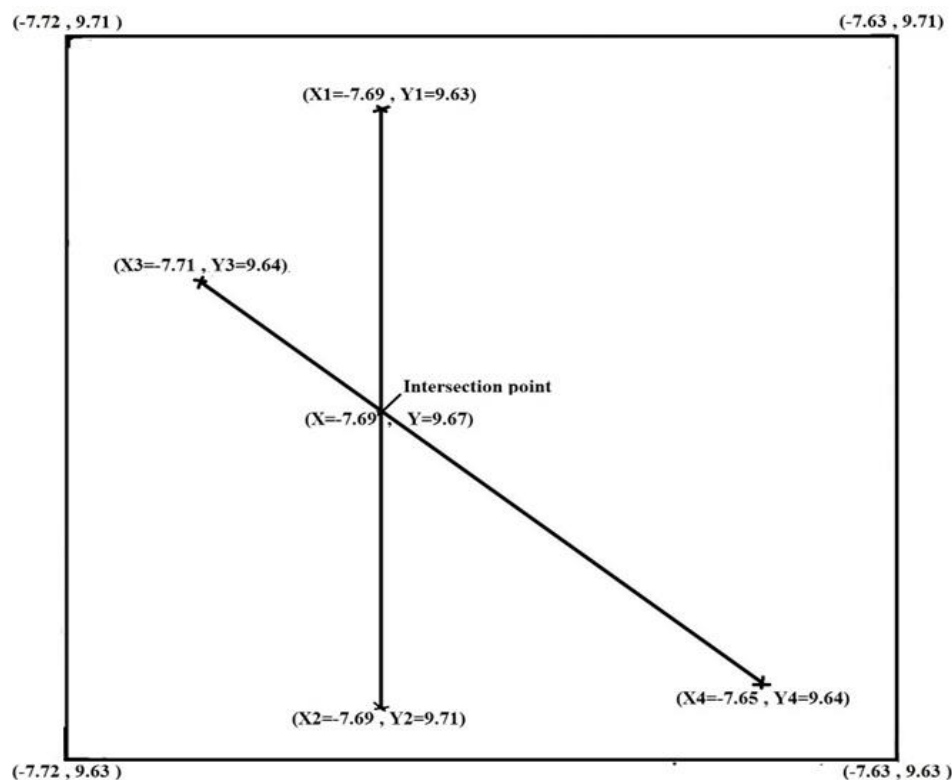


Fig. 1. Example of two crossing lineaments

2.4 SPATIAL MODELING OF LINEAMENTS DENSITY, LINEAMENTS INTERSECTIONS DENSITY AND LINEAMENTS DIRECTIONS

2.4.1 IDW INTERPOLATION METHOD

The special indicators estimated in this study are the lineaments intersections density and lineament density. The intersection points obtained were interpolated by the inverse weighted distance interpolation (IDW) method using the QGIS GIS software 2014, this same method was also used for the production of the lineament density map. The Inverse Weighted Distance Interpolation (IDW) method is one of the most used interpolation method in spatial analysis. This method uses a sample points in the neighborhood of the sought point, this sample is weighted by linear combination in order to obtain the interpolated value ([9]; [10]; [11]).

2.4.2 ROSE DIAGRAM

The directional analysis of lineaments is made by a rose diagram, it is one of the most used tools among many others to analyze the different directions taken by a two-dimensional phenomenon ([12], [13], [14]; [15]. These diagrams are circular ones in which the direction of the vector data is presented in an azimuth class defined as 0° to 360° , with a common origin and constant frequency. In the same way as it is for common histograms, there is a relation of proportionality between the area and the frequency of each sector of the rose diagram for a given phenomenon analyzed [16]. Within the framework of our study, the rose diagram used for the representation of the direction of lineaments has a frequency of 10° .

3 ALGORITHM AND IMPLEMENTATION

Algorithm 1 : Calculation of lineaments direction

Input: \$longitude1 , \$longitude2, \$latitude1, \$latitude2

// \$longitude1= longitude start ; \$longitude2 = longitude end ; \$latitude1=latitude start ; \$latitude2= latitude end of a lineament.

1. Converting GPS coordinates to radians;

\$longitude 1=\$ Longitude 1*pi () / 180 ;

\$latitude 1=\$ Longitude 1*pi () / 180 ;

\$longitude 2=\$ Longitude 2*pi () / 180 ;

\$longitude 2=\$ Longitude 2*pi () / 180 ;

// **NB**: teta is the direction of the line in radian

\$teta=atan2(sin(\$longitude2-\$longitude1)*cos(\$latitude2),cos(\$latitude1)*sin(\$latitude2)-sin(\$latitude1)*cos(\$latitude2)*cos(\$longitude2-\$longitude1)) ;

2. Converting teta to degree

\$tetaDeg = rad2deg (\$teta) ;

if (\$tetaDeg < 0)

{

 \$tetaDeg = \$tetaDeg + 360 ;

}

3. Determination of the 18 lineament families in a function

function T_famille (\$fid, \$longitude1, \$latitude1, \$longitude2, \$latitude2, \$tetaDeg)

{

// FAMILLE 1 : 0° - 10° / 180° - 190°

if ((\$tetaDeg>0 && \$tetaDeg<10) || (\$tetaDeg>180 && \$tetaDeg<190)) {

 \$f1 = fopen ("familles/f1.txt", 'a+');

 fwrite (\$f1, \$fid.";"\$.longitude1.";"\$.latitude1.";"\$.longitude2.";"\$.latitude2.";"\$.tetaDeg."
 ");

 fclose (\$f1);

// FAMILLE 2 : 10°-20°/190°-200°

```
} else if (($tetaDeg>10 && $tetaDeg<20) || ($tetaDeg>190 && $tetaDeg<200)) {  
    $f2 = fopen ("familles/f2.txt", 'a+');  
    fwrite ($f2, $fid.";" . $longitude1.";" . $latitude1.";" . $longitude2.";" . $latitude2.";" . $tetaDeg."  
    ");  
    fclose ($f2) ;
```

// FAMILLE 3 : 20°-30°/200°-210°

```
} else if (($tetaDeg>20 && $tetaDeg<30) || ($tetaDeg >200 && $tetaDeg < 210)) {  
    $f3 = fopen ("familles/f3.txt", 'a+');  
    fwrite ($f3, $fid.";" . $longitude1.";" . $latitude1.";" . $longitude2.";" . $latitude2.";" . $tetaDeg."  
    ");  
    fclose ($f3);
```

// FAMILLE 4 : 30°-40°/210°-220°

```
} else if (($tetaDeg>30 && $tetaDeg<40) || ($tetaDeg>210 && $tetaDeg<220 ) ) {  
    $f4 = fopen ("familles/f4.txt", 'a+');  
    fwrite ($f4, $fid.";" . $longitude1.";" . $latitude1.";" . $longitude2.";" . $latitude2.";" . $tetaDeg."  
    ");  
    fclose ($f4);
```

// FAMILLE 5 : 40°-50°/220°-230°

```
} else if (($tetaDeg>40 && $tetaDeg<50) || ($tetaDeg>220 && $tetaDeg<230)) {  
    $f5 = fopen ("familles/f5.txt", 'a+');  
    fwrite ($f5, $fid.";" . $longitude1.";" . $latitude1.";" . $longitude2.";" . $latitude2.";" . $tetaDeg."  
    ");  
    fclose($f5);
```

// FAMILLE 6 : 50°-60°/230°-240°

```
} else if (($tetaDeg>50 && $tetaDeg<60) || ($tetaDeg>230 && $tetaDeg<240)) {  
    $f6 = fopen ("familles/f6.txt", 'a+');  
    fwrite ($f6, $fid.";" . $longitude1.";" . $latitude1.";" . $longitude2.";" . $latitude2.";" . $tetaDeg."  
    ");  
    fclose ($f6);
```

// FAMILLE 7 : 60°-70°/240°-250°

```
} else if (($tetaDeg>60 && $tetaDeg<70) || ($tetaDeg>240 && $tetaDeg<250)) {  
    $f7 = fopen ("familles/f7.txt", 'a+' ) ;  
    fwrite ($f7, $fid.";" . $longitude1.";" . $latitude1.";" . $longitude2.";" . $latitude2.";" . $tetaDeg."  
    ");  
    fclose ($f7);
```

// FAMILLE 8 : 70°-80 / 250°–260°

```

} else if (($tetaDeg>70 && $tetaDeg<80) || ($tetaDeg>250 && $tetaDeg<260)) {
    $f8 = fopen ("familles/f8.txt", 'a+');
    fwrite ($f8, $fid.";"$.longitude1.";"$.latitude1.";"$.longitude2.";"$.latitude2.";"$.tetaDeg."
    "");
    fclose ($f8);

```

// FAMILLE 9 : 80°-90°/260°–270°

```

} else if (($tetaDeg>80 && $tetaDeg<90) || ($tetaDeg>260 && $tetaDeg<270 )) {
    $f9 = fopen ("familles/f9.txt", 'a+');
    fwrite ($f9, $fid.";"$.longitude1.";"$.latitude1.";"$.longitude2.";"$.latitude2.";"$.tetaDeg."
    "");
    fclose($f9);

```

// FAMILLE 10 : 90°-100°/270°–280°

```

} else if (($tetaDeg>90 && $tetaDeg<100) || ($tetaDeg>270 && $tetaDeg<280)) {
    $f10= fopen("familles/f10.txt", 'a+');
    fwrite ($f10, $fid.";"$.longitude1.";"$.latitude1.";"$.longitude2.";"$.latitude2.";"$.tetaDeg."
    "");
    fclose ($f10);

```

// FAMILLE 11 : 100°-110°/280°–290°

```

} else if (($tetaDeg>100 && $tetaDeg<110) || ($tetaDeg>280 && $tetaDeg<290)) {
    $f11 = fopen ("familles/f11.txt", 'a+');
    fwrite ($f11, $fid.";"$.longitude1.";"$.latitude1.";"$.longitude2.";"$.latitude2.";"$.tetaDeg."
    "");
    fclose ($f11) ;

```

// FAMILLE 12 : 110°-120°/290°–300°

```

} else if (($tetaDeg>110 && $tetaDeg<120 ) || ($tetaDeg>290 && $tetaDeg<300 ) ) {
    $f12 = fopen("familles/f12.txt", 'a+');
    fwrite($f12, $fid.";"$.longitude1.";"$.latitude1.";"$.longitude2.";"$.latitude2.";"$.tetaDeg."
    "");
    fclose ($f12) ;

```

// FAMILLE 13 : 120°-130°/300°–310°

```

} else if (($tetaDeg>120 && $tetaDeg<130) || ($tetaDeg>300 && $tetaDeg<310)) {
    $f13 = fopen ("familles/f13.txt", 'a+');
    fwrite ($f13, $fid.";"$.longitude1.";"$.latitude1.";"$.longitude2.";"$.latitude2.";"$.tetaDeg."
    "");
    fclose ($f13);

```

// FAMILLE 14 : 130°-140°/310°-320°

```
} else if (($tetaDeg>130 && $tetaDeg<140) || ($tetaDeg>310 && $tetaDeg<320)) {  
    $f14 = fopen ("familles/f14.txt", 'a+');  
    fwrite ($f14, $fid.";" . $longitude1.";" . $latitude1.";" . $longitude2.";" . $latitude2.";" . $tetaDeg."  
    ");  
    fclose ($f14);
```

// FAMILLE 15 : 140°-150°/320°-330°

```
} else if (($tetaDeg>140 && $tetaDeg<150) || ($tetaDeg>320 && $tetaDeg<330)) {  
    $f15 = fopen("familles/f15.txt", 'a+');  
    fwrite($f15, $fid.";" . $longitude1.";" . $latitude1.";" . $longitude2.";" . $latitude2.";" . $tetaDeg."  
    ");  
    fclose ($f15) ;
```

// FAMILLE 16 : 150°-160°/330°-340°

```
} else if (($tetaDeg>150 && $tetaDeg<160) || ($tetaDeg>330 && $tetaDeg<340)) {  
    $f16 = fopen ("familles/f16.txt", 'a+');  
    fwrite ($f16, $fid.";" . $longitude1.";" . $latitude1.";" . $longitude2.";" . $latitude2.";" . $tetaDeg."  
    ");  
    fclose ($f16);
```

// FAMILLE 17 : 160°-170°/340°-350°

```
} else if (($tetaDeg>160 && $tetaDeg<170) || ($tetaDeg>340 && $tetaDeg<350)) {  
    $f17 = fopen ("familles/f17.txt", 'a+');  
    fwrite ($f17, $fid.";" . $longitude1.";" . $latitude1.";" . $longitude2.";" . $latitude2.";" . $tetaDeg."  
    ");  
    fclose ($f17);
```

// FAMILLE 18 : 170°-180°/350°-360°

```
} else if (($tetaDeg>170 && $tetaDeg<180) || ($tetaDeg>350 && $tetaDeg<360)) {  
    $f18 = fopen ("familles/f18.txt", 'a+');  
    fwrite ($f18, $fid.";" . $longitude1.";" . $latitude1.";" . $longitude2.";" . $latitude2.";" . $tetaDeg."  
    ");  
    fclose ($f18);  
}  
}
```

Output: files familles/f1.txt; familles/f2.txt; familles/f18.txt;

Algorithm 2 : Intersection of two lineaments

// NB: Longitudes and latitudes being already in radians can therefore be used in trigonometric functions

Input: \$longitude1 , \$longitude2, \$latitude1, \$latitude2

// \$longitude 1= longitude start; \$longitude2 = longitude end; \$latitude1=latitude start; \$latitude2= latitude end of a lineament.

1. Step1

\$longitude3 = \$T_Lineament[\$j][0] ;

\$latitude3 = \$T_Lineament[\$j][1] ;

\$longitude4 = \$T_Lineament[\$j][2] ;

\$latitude4 = \$T_Lineament[\$j][3] ;

\$denominateur=(((\$latitude4-\$latitude3)*(\$longitude2-\$longitude1)-(\$longitude4-\$longitude3)*(\$latitude2-\$latitude1)) ;

if (\$denominateur != 0)

{

\$sua= (((\$longitude4-\$longitude3)*(\$latitude1-\$latitude3)-(\$latitude4-\$latitude3)*(\$longitude1-\$longitude3))/(((\$latitude4-\$latitude3)*(\$longitude2-\$longitude1)-(\$longitude4-\$longitude3)*(\$latitude2-\$latitude1)) ;

\$sub=(((\$longitude2-\$longitude1)*(\$latitude1-\$latitude3)-(\$latitude2-\$latitude1)*(\$longitude1-\$longitude3))/(((\$latitude4-\$latitude3)*(\$longitude2-\$longitude1)-(\$longitude4-\$longitude3)*(\$latitude2-\$latitude1)) ;

\$InterX= \$longitude1 + \$sua*(\$longitude2-\$longitude1) ;

\$InterY= \$latitude1 + \$sub*(\$latitude2-\$latitude1) ;

}

else {

\$InterX = "PARALELLES";

\$InterY = "PARALELLES";

}

Output: \$InterX= (longitude) and \$InterY=(latitude) of the intersection point.

Algorithm 3 : Calculation of lineament length

Input: \$longitude1 , \$longitude2, \$latitude1, \$latitude2

// \$longitude 1= longitude start; \$longitude2 = longitude end; \$latitude1=latitude start ; \$latitude2= latitude end of a lineament.

1. Step1

\$R = 6371; // En Km

// Longitudes and latitudes being already in radians can therefore be used in trigonometric functions

\$ΔLatitude = \$latitude2 - \$latitude1 ;

\$ΔLongitude = \$longitude2 - \$longitude1;

\$a = sin (((\$latitude2 - \$latitude1)/2)*sin (((\$latitude2 - \$latitude1)/2) + cos (\$longitude1)*cos (\$longitude2)*sin (((\$longitude2 - \$longitude1)/2)*sin (((\$longitude2 - \$longitude1)/2);

// \$c = 2*atan2 (sqrt (\$a), sqrt (1-\$a));

\$c = 2*atan2 (sqrt (\$a), sqrt (1-\$a));

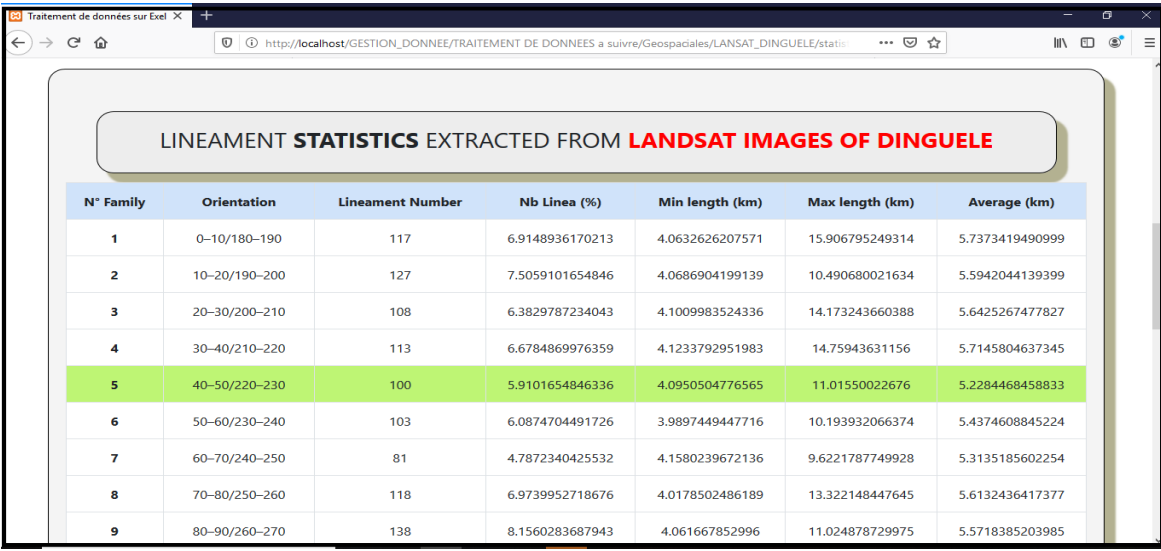
\$LaDistance = \$R*\$c ;

Output: \$LaDistance= the length of a lineament

4 RESULTS

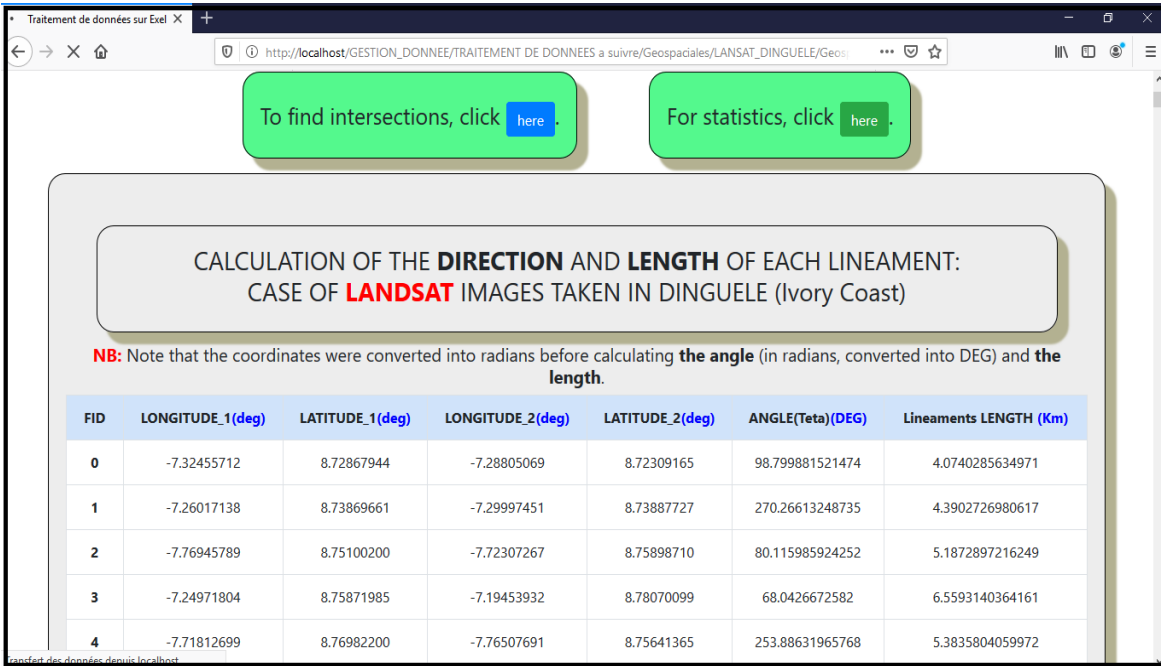
4.1 PROGRAM OVERVIEW

The program has three modules which are: Calculation of directions module, Calculation of lengths module and Calculation of intersection points module. To begin, you have to load the TXT extension file containing the identifier (FID), the latitude and longitude of a given lineament in the data folder (Figure 2). Once the data file has been loaded, you have run one of the modules (Calculation of directions or Calculation of lengths or calculation of intersection points) mentioned above to obtain the desired result. The Calculation of directions module provides as a result a table containing the inclination angles of the different lineaments according to the N-S, E-W, NE-SW and NW-SE directions, the 18 families of lineaments, the number of lineaments per family and the percentage of lineaments represented by each family (Figure 3). The Calculation of lengths module allows you to calculate the minimum and maximum lengths of lineaments in each family and finally the calculation of intersection points module allows you to determine the points of intersection of lineaments contained in the data file.



N° Family	Orientation	Lineament Number	Nb Linea (%)	Min length (km)	Max length (km)	Average (km)
1	0–10/180–190	117	6.9148936170213	4.0632626207571	15.906795249314	5.7373419490999
2	10–20/190–200	127	7.5059101654846	4.0686904199139	10.490680021634	5.5942044139399
3	20–30/200–210	108	6.3829787234043	4.1009983524336	14.173243660388	5.6425267477827
4	30–40/210–220	113	6.6784869976359	4.1233792951983	14.75943631156	5.7145804637345
5	40–50/220–230	100	5.9101654846336	4.0950504776565	11.01550022676	5.2284468458833
6	50–60/230–240	103	6.0874704491726	3.9897449447716	10.193932066374	5.4374608845224
7	60–70/240–250	81	4.7872340425532	4.1580239672136	9.6221787749928	5.3135185602254
8	70–80/250–260	118	6.9739952718676	4.0178502486189	13.322148447645	5.6132436417377
9	80–90/260–270	138	8.1560283687943	4.061667852996	11.024878729975	5.5718385203985

Fig. 2. Interface for calculating lineament directions and lengths



NB: Note that the coordinates were converted into radians before calculating the angle (in radians, converted into DEG) and the length.

FID	LONGITUDE_1(deg)	LATITUDE_1(deg)	LONGITUDE_2(deg)	LATITUDE_2(deg)	ANGLE(Teta)(DEG)	Lineaments LENGTH (Km)
0	-7.32455712	8.72867944	-7.28805069	8.72309165	98.799881521474	4.0740285634971
1	-7.26017138	8.73869661	-7.29997451	8.73887727	270.26613248735	4.3902726980617
2	-7.76945789	8.75100200	-7.72307267	8.75898710	80.115985924252	5.1872897216249
3	-7.24971804	8.75871985	-7.19453932	8.78070099	68.0426672582	6.5593140364161
4	-7.71812699	8.76982200	-7.76507691	8.75641365	253.88631965768	5.3835804059972

Fig. 3. Statistical analysis interface on lineaments provided by the Calculation of directions and Calculation of lengths modules

4.1.1 APPLICATION OF THE PROGRAM

For the application of our program we used lineament data from the Denguélé District in the north-west of Côte d'Ivoire. These lineaments were extracted from four Landsat 8 scenes with references 198_53, 198_53, 198_54, 199_53, 199_54 dating from 2013. These lineaments were extracted using PCI Geomatica 16 software (Figure 4). The total number of lineaments extracted is 1620. The application of the direction module of our program to our data contained in a text format file made it possible to determine the geomorphological properties of the lineaments. The minimum and maximum lengths are respectively 3.95 Km and 15.90 Km and belong respectively to the lineaments of orientation 120°-130° and 300°-310° representing the NW-SE direction; 10°-20° and 190°-200° orientation representing the NE-SW direction. The orientations of the extracted lineaments are presented as follows: 43.9% in the NE-SW direction, 28.6% in the NW-SE direction, 11.8% in the E-W direction, and finally 15.7% in the N-S direction (Table I).

Table 1. Result of the statistical analysis on lineaments provided by the Calculation of directions and Calculation of lengths modules

Family No.	Orientation (°)	Linear Number	%	Min length (km)	Maxi length (km)	Average Length (km)
1	0°-10°/180°-190°	117	6.91	4.06	15.90	5.73
2	10°-20°/190°-200°	127	7.51	4.06	10.49	5.59
3	20°-30°/200°-210°	108	6.38	4.10	14.17	5.64
4	30°-40°/210°-220°	113	6.68	4.12	14.75	5.71
5	40°-50°/220°-230°	100	5.91	4.09	11.01	5.22
6	50°-60°/230°-240°	103	6.09	3.98	10.19	5.43
7	60°-70°/240°-250°	81	4.79	4.15	9.62	5.31
8	70°-80°/250°-260°	118	6.97	4.01	13.32	5.61
9	80°-90°/260°-270°	138	8.16	4.06	11.02	5.57
10	90°-100°/270°-280°	119	7.03	4.01	14.15	5.51
11	100°-110°/280°-290°	95	5.61	4.15	8.90	5.17
12	110°-120°/290°-300°	74	4.37	3.95	12.10	5.32
13	120°-130°/300°-310°	84	4.96	4.06	9.64	5.44
14	130°-140°/310°-320°	84	4.96	4.14	11.03	5.33
15	140°-150°/320°-330°	44	2.60	4.16	9.26	5.29
16	150°-160°/330°-340°	47	2.77	4.07	10.08	5.23
17	160°-170°/340°-350°	62	3.6	4.12	12.17	5.50
18	170°-180°/350°-360°	78	4.61	4.06	12.85	5.62

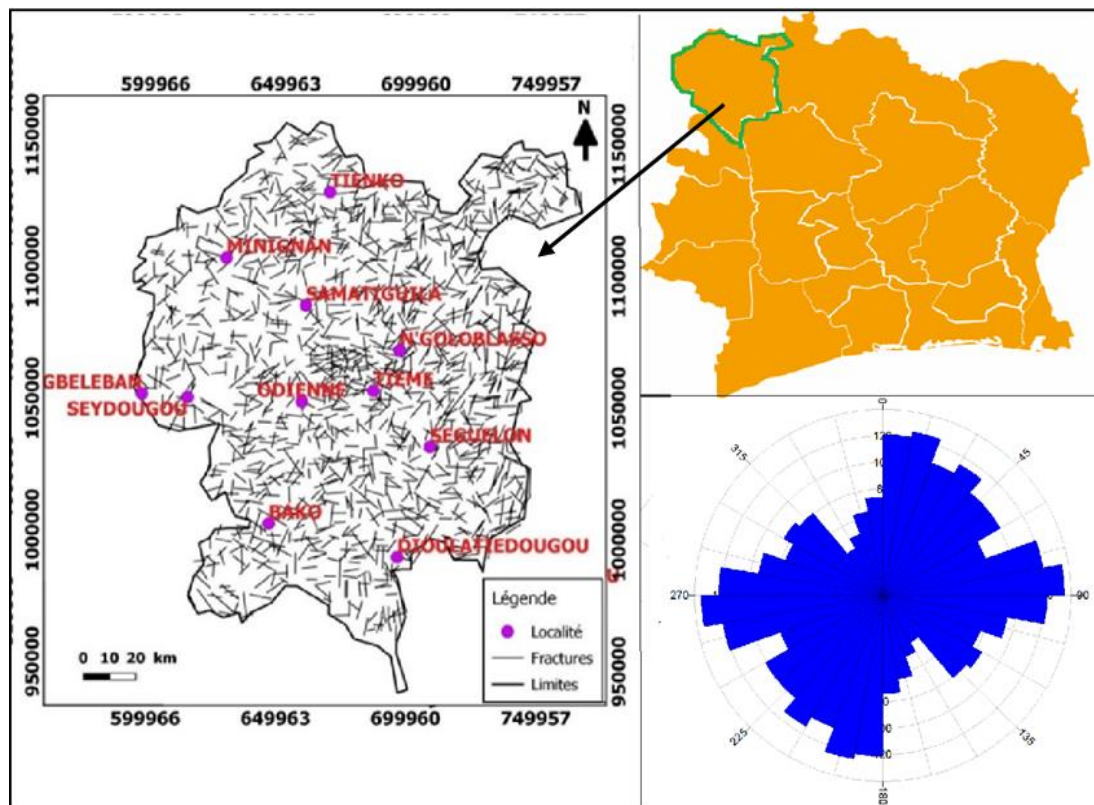


Fig. 4. Lineaments and directions of lineaments extracted on the Denguélé district

4.1.2 DENSITY OF LINEAMENTS AND INTERSECTION

The spatial distribution map of lineaments density (Figure 5), shows a spatial variation of this parameter. The lineaments density map shows a distribution of lineaments over the entire territory of the Denguélé District. Indeed, the view of the different proportions of the density classes shows that the medium and high density classes represent 36.78% of the Denguélé District. It should be noted that these two classes are mainly visible to the northeast of the district, which is characterized by the presence of several geomorphological accidents including the n'goloblasso fault. The low density class represents 28.83% of the area of the study area, this class is found in the north of the district. Finally, the areas of very high lineament densities only constitute traces, 4.81% of the district. The lineament intersection density maps (Figure 6) show a weak lineament intersection over 71% of the territory of the district.

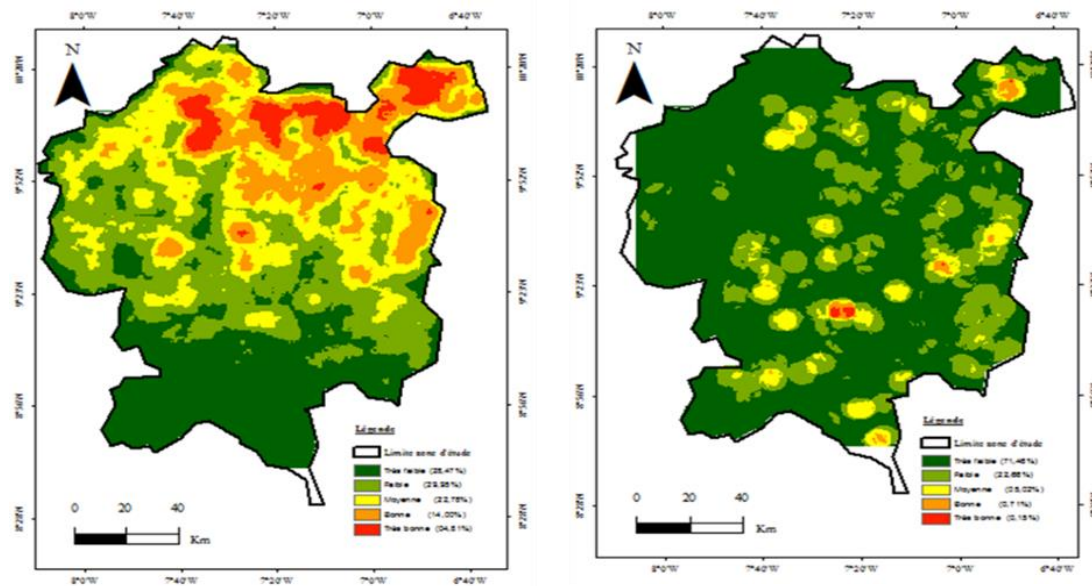


Fig. 5. Lineament density map Figure 6: Lineament intersection density map

5 CONCLUSIONS

The contribution to the optimum management of lineaments on a given territory led to the writing of a computer program in PHP language and validated with lineament data from the Denguélé District. This tool makes it possible to efficiently calculate the geomorphological parameters of lineaments, namely orientation, length, density and intersection density, using data files in.txt format. The parameters thus determined (density and intersection density) can be imported into GIS software for the production of thematic spatial analysis maps.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to acknowledge: USGS earth Explorer for the LAND SAT data.

REFERENCES

- [1] Sabins, F.F., 2000. Remote sensing: principles and interpretation. W.H. Freeman and Company, 494 p.
- [2] Stefouli, M., Angelopoulos, A., Perantonis, S., Vassilas, N., Ambazis N., Charou, E., 1996. Integrated analysis and use of remotely sensed data for the seismic risk assessment of the southwest Peloponessus Greece. First Congress of the Balkan Geophysical Society, 23–27 September, Athens Greece.
- [3] Rowan, L.C., Latham, E.H., 1980. Mineral exploration. In: Siegal BS, Gillespie AR (eds) Remote sensing in geology. John Wiley and sons, New York, pp 553–605.
- [4] Rahiman, T., Pettinga, J.R., 2008. Analysis of lineaments and their relationship to Neogene fracturing, SE Viti Levu, Fiji. Geol Soc Am Bull 120 (11–12): 1544–1555.
- [5] Shahzad, F., Mahmood, S.A., Gloaguen, R., 2009. Drainage network and lineament analysis: an approach for potwar plateau (Northern Pakistan). J Mount Sci 6 (1): 14–24.
- [6] Dinesh, A.C., Vipin J. M., Jayappa, K.S., 2013. Linfo - Un programme visuel basique Python pour la densité de linéaments, Analyse de densité de fréquence et d'intersection.
- [7] Casas AM, Cortes AL, Maestro A, Soriano MA, Riaguas A, Bernal J (2000) LINDENS: a program for lineament length and density analysis. Comput Geosci 26: 1011–1022.
- [8] Sinnott, R.W., 1984. Virtues of the Haversine. Sky Telescope 68 (2): 159.
- [9] Nistor, M.M., Rahardjo, H., Satyanaga, A., Hao, K.Z., Xiaosheng, Q., Sham, A.W.L., 2020. Investigation of groundwater table distribution using borehole piezometer data interpolation: Case study of Singapore. Eng. Geol. 2020, 271.
- [10] Hodam, S., Sarkar, S., Marak, A.G.R., Bandyopadhyay and A., Bhadra A., 2017. Spatial Interpolation of Reference Evapotranspiration in India: Comparison of IDW and Kriging Methods. J. Inst. Eng. (India) Ser. A 2017, 98, 511–524.

- [11] Shukla, K., Kumar, P., Mannand, G.S., Khare, M., 2020. Mapping spatial distribution of particulate matter using Kriging and Inverse Distance Weighting at supersites of megacity Delhi. *Sustain. Cities Soc.* 2020, 54, 101997.
- [12] Sanderson, D.J. and Peacock, D.C.P. (2019). Making rose diagrams fit-for-purpose, *Earth-Science Reviews* (2019).
- [13] Hobbs W.H. (1904) Lineaments of the Atlantic Border Region. *Geological Society. American Bulletin*, 15, 483-506.
- [14] Vasuki, Y., Eun-Jung, H., Kovesi, P., Micklethwaite, S., 2014. Semi-automatic mapping of geological Structures using UAV-based photogrammetric data: An image analysis approach, *Computers & Geosciences* 69 (2014) 22–32.
- [15] Chopra, A. K., Chakresh P. and Prasad, G., 2009. Scenario of heavy metal contamination in agricultural soil and its management, *Journal of Applied and Natural Science* 1 (1): 99-108 (2009).
- [16] Nemec W., 1988. The shape of the rose. *Sed Geol* 59 (1–2): 149–152.

Impact of wastewater from a textile industry used for irrigation in the nitrate contamination of *Allium schoenoprasum* crops in the city of Bouaké in Côte d'Ivoire

Bamba Massa Ismael, Siaka Sorho, and Soro Yaya

Laboratory of Industrial Synthesis Processes, Environment and New Energies, National Polytechnic Institute
Houphouët-Boigny (INP-HB), PO BOX 1093 Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

Copyright © 2021 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The objective of this study is to assess the impact of the use for irrigation of water containing liquid effluents from a textile industry on the nitrate contamination of *Allium schoenoprasum* crops via soils. To do this, nitrates were determined in soil, water, and *Allium schoenoprasum* samples and statistical analyzes were performed. It appears that the nitrate concentrations in the water studied, which are significantly different at the sites studied, are below the WHO standard for the use of water for irrigation. In addition, linear regression analysis showed that nitrate concentrations in soils were not related to watering with wastewater from the textile industry but resulted from the extensive use of nitrogen fertilizers. The analysis in principal component showed that the granulometry and the organic matter of the soil would greatly influence the absorption of nitrates by the plants of *Allium schoenoprasum*. Thus, it would seem the waste water of the textile industry is not responsible for the levels in nitrates contained in *Allium schoenoprasum* plants.

KEYWORDS: Effluents, urban agriculture, *Allium schoenoprasum*, nitrates, contamination.

1 INTRODUCTION

Nitrates are compounds in the soil formed during the nitrogen cycle. These ions arise naturally from the fixation of atmospheric nitrogen and the decomposition of organic matter by micro-organisms [1]. Nitrates are the main source of nitrogen used by plants because of their high solubility in soil water and high stability [2]. However, concentrations in the natural environment can be increased by several anthropogenic activities. One of these is agriculture, particularly urban and peri-urban agriculture (UPA). As a producer of fresh vegetables and other foods for urban populations, UPA is characterized by excessive use of chemical fertilizers [3], [4]. This practice is related to the fact that nitrogen fertilizers are massively applied in the fields, due to the important role that nitrogen plays in crop quality and yield [5]. Although essential for the development of plants, nitrates can have harmful effects on human health. To this end, in the bibliography, it appears that nitrates have acute and chronic toxicities on human health [6]. Regarding acute toxicities, we can cite methemoglobinemia, which manifests itself when nitrites from reduced nitrates bind to hemoglobin [7], [8]. This disease is one of the biggest threats to human health linked to nitrates. Other authors have claimed that nitrates are responsible for the enlarged thyroid gland [9]. Beyond these acute toxicities, nitrates also exhibit chronic toxicities. In fact, nitrates can be a source of nitrosamines which have a carcinogenic effect on the human body [10]. The textile industry is one of the most polluting industries on the planet, discharging huge amounts of wastewater [11]. The finishing processes present in this industry are the most polluting. Indeed, during this activity, several chemicals, including dyes are used for dyeing fabrics. These dyes, in particular azo dyes, as well as products such as urea can be sources of nitrates. As a result, the wastewater from this activity may contain nitrates.

In Bouaké plants *Allium schoenoprasum*, very popular, usually eaten fresh, and constituted more than 90% water are grown around textile industry with either industrial wastewater textile, or with water contained in sumps located near this wastewater.

Knowing that its wastewater can be a source of nitrates for *Allium schoenoprasum* crops, that nitrates are highly soluble in water and that *Allium schoenoprasum* plants contain more than 90% water, a question arises: does the textile industry's

wastewater contaminate *Allium schoenoprasum* crops with nitrates? To answer this question, the general objective of this study is to determine the impact of irrigation water on nitrate contamination of *Allium schoenoprasum* crops.

Thus, in a first step, nitrates will be determined in water, agricultural soils, and plants. In a second step, correlations will be made between the nitrate contents obtained in the different matrices, as well as between the nitrate contents and the physicochemical characteristics of the soils in order to determine the origin of the nitrates obtained in *Allium schoenoprasum* crops.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 PRESENTATION OF THE STUDY AREA

The city of Bouaké is part of the Gbêkê region located in north-central Côte d'Ivoire, 370 km from the economic capital Abidjan. It is located between latitudes 7 ° 45'N and 7 ° 38'N and longitudes 5 ° 7'W and 4 ° 58'W with an area of 71 km². This city has enormous potential for the development of industrial activities. Indeed, Bouaké is a crossroads town and brings together several industries scattered within it.

2.2 DESCRIPTION OF THE SAMPLING SITES

The study area is located near a textile industry in the town of Bouaké. Figure 1 below shows the study area and the sites identified by points P1, P2 and P3.

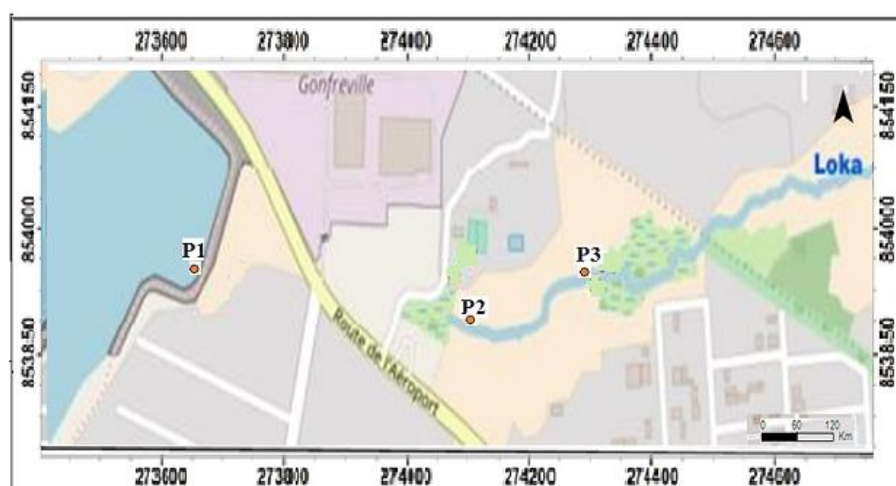


Fig. 1. Location of sampling sites

Site P1 includes plots bordering a water reservoir that serves as a back-up reserve for the textile factory. These plots are therefore irrigated with water from this water reservoir. Located upstream of the plant's effluent spillway, the soils from this site also served as a control for this study. The P2 and P3 sites, downstream from the effluent discharge point of the plant, house the plots irrigated on the one hand with water from the water shortage formed by the waste water and on the other hand from sumps serving as retained water along this water court. Cultures of *Allium schoenoprasum* from these plots are the targets of the study.

2.3 COLLECTION AND PRETREATMENT OF SOIL WATER SAMPLES AND ALLIUM SCHOENOPRASUM

The water, soil and *Allium schoenoprasum* samples were taken in February 2018 during the dry season in order to avoid the dilution effects of rain and to better assess the possible impact of the retained irrigation water on the *Allium schoenoprasum* crops via the soil.

During this campaign, water samples were taken in 1L polyethylene bottles that had been rinsed with the water samples they were to contain. Sampling was carried out by immersing the bottle in the water to a depth of about 30 cm from the

surface. At each of the different sites, 10 spot samples were taken. To ensure a good state of preservation, the samples were kept away from light and transported at a temperature of 4°C in a cooler to the laboratory for analysis.

For the soil sampling, plots of 3 m in length and 1 m in width were randomly selected to cover all the plots on the site. With the help of a planting shovel, three samples were taken from each plank at a depth of 30 cm in a diagonal direction, with one sample taken from the center and two from the periphery. The samples from 5 plots were merged and a composite sample of one kilogram was formed for analysis. Five composite samples were taken from each site and transported to the laboratory in polyethylene bags free of contamination. In the laboratory, the samples are dried at room temperature (25 - 30 ° C) for two weeks by spreading out on floors protected from external contamination. After drying, the clods of earth contained in the samples are crushed to obtain homogeneous samples which are treated according to the method described by Bouyoucos, 1951 [12], sieved to two millimeters before being stored at room temperature in glass jars free of contamination.

2.4 NITRATE DETERMINATION

In the waters, the nitrate was determined according to the AFNOR NFT 90-045 protocol. It consists in carrying out a spectrophometric measurement of the yellow compound resulting from the reaction of nitrates with sulfosalicylic acid which is formed by addition to the sample of sodium salicylate and sulfuric acid after treatment with alkali (NaOH and Na₂EDTA). The alkali helps prevent precipitation of calcium and magnesium salts. The addition of sodium azide (NaN₃) is carried for neutralize the interference of nitrites. The reading is taken at the wavelength of 415 nm.

In the laboratory, the *Allium Schoenoprasum* plants were washed, cut into small pieces (about 1 cm) and then mixed to collect the juice. The juice obtained was diluted fifty times. The determination of nitrates was done on the diluted juice according to the AFNOR protocol, NF T 90-045 as presented above.

The determination of nitrate in soils was carried out according to ISO 14256-1 of 2003. The principle of this method consists of extracting nitrates using a 1M KCl solution and then determining them in the extract according to the protocol for determining nitrates in water samples. Thus, 40 g of samples are dissolved in a 500 mL polyethylene bottle containing 200 mL of 1M potassium chloride solution. After one hour of agitation using a mechanical shaker at 120 3000 revolutions per minute, 60 mL of the suspension is centrifuged at 3000 3000 revolutions per minute for 10 minutes. The supernatant is used for the determination of nitrate. A blank test containing only 1M potassium chloride is carried out under the same conditions and the nitrates are then determined according to the AFNOR standard, NF T 90-045.

2.5 STATISTICAL ANALYSIS

All the data obtained were processed using the free software R. The data processing consisted of establishing the arithmetic means of the individual values and the standard deviations on the one hand, and the differences between the groups by analysis of variance (ANOVA) on the other. When the ANOVA revealed significant differences ($p < 0.05$) between the groups, the Student-Newman-Keuls test was used to determine the specific differences between the means. In addition, linear correlation coefficients were determined for potential relationships between the nitrate concentrations of the different matrices used.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 SPATIAL VARIATION OF NITRATE IN WATER, SOIL AND ALLIUM SCHOENOPRASUM PLANTS

Nitrate can be a source of nitrite toxic to human health, its measurement in water used for irrigation and watering of crops is necessary. below shows the spatial variation of nitrate in irrigation water at the study sites.

Table 1. Spatial variations in nitrate concentrations in irrigation water and nitrate levels in soils and crops of *Allium schoenoprasum*

Sites	Nitrates concentrations		
	Water (mg. L ⁻¹)	Soil (mg. g ⁻¹)	<i>Allium</i> (mg. g ⁻¹)
P1	2,60±0,54a	4,94±0,09a	12,28±0,54a
P2	5,83±0,45b	9,53±0,30b	20,08±0,31b
P3	1,452±0,39c	14,09±0,28c	21,78±0,47c

Table 1 shows that all waters have fairly low nitrate concentrations and well below 50 mg.L⁻¹ which is the limit recommended by the WHO in its guide on the use of wastewater for irrigation in 2006. The effluents from the P3 site have the lowest nitrate content (1,45 ± 0,34 mg. L⁻¹) while the then waters of site P2 have the highest average nitrate content (5,83 ± 0,45 mg. L⁻¹). As a result, irrigation water does not provide significant amounts of nitrates to agricultural plots. Furthermore, our results obtained in liquid effluents from the textile industry are much lower than those obtained by Hussain and al., 2006 [13], which were between 120 mg.L⁻¹ and 627 mg.L⁻¹. According to these authors, the nitrates contained in wastewater from textile industries come either from the impurities of the chemicals used in the various processes or from certain dyes such as azo dyes [14]. The fact that site P1 located upstream from the textile industry has a higher nitrate concentration than site P3 can be explained by the fact that the dam contains surface water which receives several plant debris and animal and human excreta.

The analysis in shows that the nitrate content of the soils is 4,94 ± 0,09 mg.g⁻¹ at site P1 and 14,09 ± 0,28 mg.g⁻¹. Sites P2 and P3 have higher nitrate contents than site P1. These results can be explained by the fact that sites P2 and P3, located downstream of the plant's effluent discharge point, are home to plots watered with liquid effluent from the plant, which contain nitrate concentrations between 1,45 ± 0,34 mg.L⁻¹ in P3 and 5,83 ± 0,45 mg.L⁻¹ in P2. Indeed, irrigation water is one of the major differences in agricultural practices on the three agricultural sites.

Nitrate levels in *Allium schoenoprasum* range from 12,21 mg.g⁻¹ (P1) to 21,81 mg.g⁻¹ (P3). It should be noted that optimal nitrate concentrations for plant growth are between 10 and 30 mg.g⁻¹ [15].

Samples from sites P2 and P3 had the highest levels compared to those from the control site P1. The nitrate content of *Allium schoenoprasum* seems to be proportional to the nitrate content of the soil. Thus, the higher the nitrate content of the soil, the higher the nitrate content of the *Allium schoenoprasum* samples. This is related to the fact that nitrate is the main source of nitrogen available to higher plants [16], [17]. In addition, nitrates are an essential element in the synthesis of amino acids in plants. They therefore tend to store them for later use. Beyond that, the nitrate content in *Allium schoenoprasum* plants is higher than that generally found in plants. It would be a peculiarity of *Allium schoenoprasum* to specifically accumulate nitrate in different tissues. In addition, in the bibliography, some authors have shown that in neutral pH soils such as those in our study, nitrate mobility is high [18], thus justifying the concentrations of nitrates obtained in *Allium schoenoprasum* plants.

The study of the variation in nitrate concentrations in the different matrices studied shows us that the irrigation water from the P2 and P3 sites as well as the soils and *Allium schoenoprasum* crops from these sites have the highest nitrate values. compared to the P1 control site of the dam. A linear regression analysis between the nitrate concentrations of the different matrices would be interesting to shed light or not on the impact of irrigation water on the nitrate contamination of *Allium schoenoprasum* crops.

3.2 CORRELATIONS BETWEEN THE NITRATE CONTENTS OF THE MATRICES STUDIED AND THOSE OF ALLIUM SCHOENOPRASUM

This correlation was evaluated by linear regressions between the nitrate contents of the matrices studied and those of *Allium schoenoprasum*. The results obtained are presented in below.

Table 2. Correlation of nitrate content in water, soil, and crops of *Allium schoenoprasum*

	Correlation water-soil	Correlation soil- <i>Allium schoenoprasum</i>
Nitrates	-0,29	0,93

From this table 2, soil nitrate levels are strongly correlated with those of *Allium schoenoprasum* with a value of 0.93. This strong correlation between soil nitrate levels and *Allium schoenoprasum* crops is certainly logical in relation to the fact that nitrogen is a major nutrient in plants development.

For nitrate levels in water and soil, the correlation is weak (-0.29) and negative. This would indicate that the nitrate levels in these two matrices are not related. Thus, the nitrate content of soils would have a source other than irrigation water, although according to some authors [14], [19], wastewater from the textile industry can be nitrate precursors due to the use of azo dyes. In our case, the nitrates in the soil would rather come from the use of nitrogen fertilizers. Several authors have shown that mineral fertilizers, NPK and urea, are generally widely used in urban agriculture [3], [20]. These fertilizers would therefore be the source of soil nitrates and consequently of *Allium schoenoprasum* crops.

3.3 PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS

The ANOVA showed that the nitrate levels were significantly different between the matrices studied and the sites. Moreover, this analysis showed that the levels in sites P2 and P3 were higher than those in the control site, thus showing at first sight that irrigation water is the main cause of these results. However, linear regressions showed that the nitrates in the soils would come from the nitrogen fertilizer amendment. Therefore, a principal component analysis (PCA) would be beneficial to relate the nitrate levels to the physicochemical characteristics of the soils bearing the crops; with a view to identifying the real source of nitrate contamination of *Allium schoenoprasum* crops. This statistical analysis of the physico-chemical data of the soils was carried out on a data matrix made up of eleven variables (parameters studied) and three individuals, which are the sites P1, P2 and P3. below shows the physico-chemical parameters of the soils studied

Table 3. Physico-chemical parameters of the studied soils [21]

Parameters	P1	P2	P3
pH eau	6,88±0,25a	6,55±0,42a	6,48±0,20a
CEC (cmol/kg)	0,10±0,06a	0,11±0,05a	0,07±0,02a
MO (%)	1,21±0,17a	1,23±0,12a	0,54±0,05b
C/N	5,56±0,70a	6,99±0,40a	6,52±1,06a
EC (μS/cm)	665,99±2,44a	621,96±10,94b	755,13±1,41c
Clay (%)	6,7±0,3a	10,3±0,7b	7,2±0,2a
Silt (%)	8,5±0,1a	8,7±0,2a	6,4±0,2b
Sand (%)	72,1±0,3a	68,4±0,6b	76,4±0,5a

The application of principal component analysis on eleven parameters (8 parameters of physico-chemical characterization of soils and nitrate concentrations of soil water and *Allium schoenoprasum* plants) resulted in two main factors contributing to 69.53% of the total variance (Figure 2). This percentage is therefore significant, and the first plane represents well the variability contained in the whole active dataset with respectively 44.69% for the F1 axis and 24.84% for the F2 axis. Only the first two dimensions will be used to interpret the analysis.

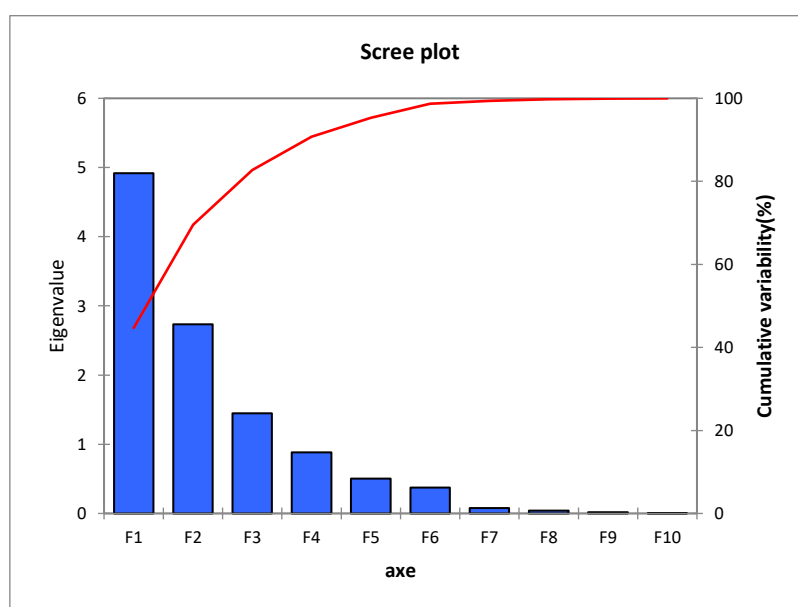


Fig. 2. histogram of eigenvalues

Figure 3 below shows the projections of the variables (parameters studied) and individuals (sampling sites) in the F1-F2 factorial plane. presents the correlations between the parameters studied and the axes of the factorial plane.

The Principal Component Analysis (PCA) correlation matrix shows in quantifies the correlations between the different variables (chemical compounds). In this matrix, the values reflect the degree of correlation and their sign indicates its positive or negative nature [24].

Table 4. Correlation matrix between the variables

Variables	C/N	OM	CEC	silt	clay	sand	EC	pH	Nit soil	Nit water	Nit Allium
C/N	1										
OM	0,022	1									
CEC	-0,014	0,240	1								
silt	-0,189	0,712	-0,036	1							
clay	0,136	0,142	-0,166	0,643	1						
sand	0,052	0,320	-0,141	0,798	0,975	1					
EC	-0,229	-0,782	-0,108	-0,686	-0,437	-0,545	1				
pH	0,212	0,265	-0,006	0,423	0,649	0,634	-0,525	1			
Nit soil	0,391	-0,801	-0,027	-0,638	0,034	-0,159	0,402	-0,119	1		
Nit water	0,285	0,715	0,055	0,666	0,487	0,578	-0,974	0,477	-0,289	1	
Nit Allium	0,570	-0,596	-0,049	-0,516	0,207	0,012	0,174	0,225	0,879	-0,108	1

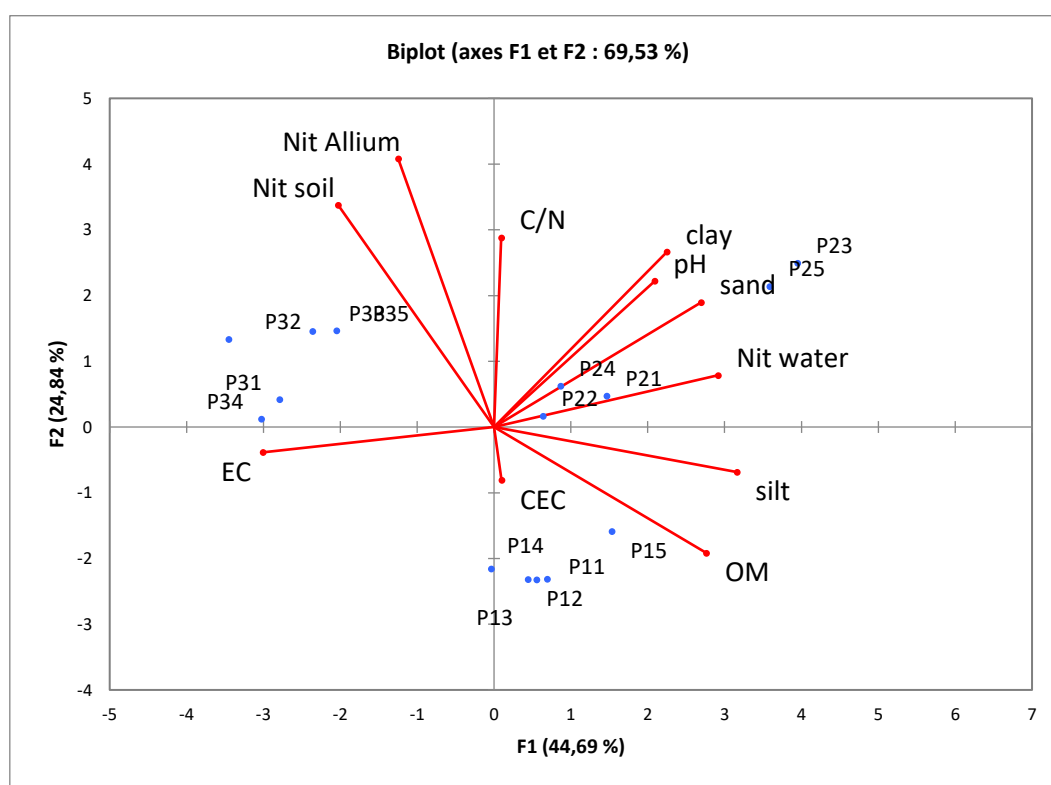


Fig. 3. Projections of the parameters and study sites onto the factorial plane

The F1 axis is expressed at its positive pole by organic matter, water pH, silts, clays, sands, and nitrate concentrations in water. This axis is expressed at its negative pole by electrical conductivity. Nitrate concentrations in soils and *Allium schoenoprasum* and the C/N ratio are positively related to the F2 axis (Table 4). The other parameters are certainly related to the other factors.

It emerges from that along the F2 axis, the nitrate content of the soil and the nitrate content of *Allium schoenoprasum* plants are in the positive part of this axis, and they are very close to each other. The proximity between these variables indicates

that they are strongly correlated. This positive correlation could be justified by the fact that in urban agriculture producers use large quantities of nitrogenous fertilizers in mineral form (nitrate) [3], [19], thus providing the nutrients necessary for the development of higher plants such as *Allium schoenoprasum* following their adsorption to the soil.

The lack of correlation between the nitrate contents in the soils and those in irrigation water can be justified by the sandy nature of the soils studied. Indeed, such soils with high porosity, would allow the nitrates contained in the water to infiltrate with the latter into the deep layers, unlike soils rich in fine particles which would retain nitrates in the surface layers of the soil [22].

Also, along the F2 axis we notice that on the P1 site the low nitrate values in the plants of *Allium schoenoprasum* could be explained by the high contents and organic matter and silts which would retain nitrate ions in the soil, thus causing a low entry of these ions into *Allium schoenoprasum* plants [15].

In addition, the fact that sites P2 and P3 have the highest nitrate content in *Allium schoenoprasum* plants can be explained by the fact that the soils at these sites are more acidic than those at site P1, which are close to neutral. Indeed, in the literature [23], it appears that the degradation of azo dyes depends on the pH of the environment. The lower the pH, the greater the degradation of azo dyes; thus, releasing nitrates into the soil solution which will be recovered by *Allium schoenoprasum* plants. In addition, when the soil is close to neutral, the azo dyes will tend to persist in the soil.

4 CONCLUSION

The objective of this study was to determine the impact of wastewater from a textile industry on the nitrate contamination of soils and *Allium schoenoprasum* crops grown on these soils. It appears that wastewater from the textile industry has significantly different nitrate concentrations on the sites and well below the WHO standard for irrigation water. Linear regression analysis and principal component analysis revealed that nitrate concentrations in soils were strongly correlated with those obtained in *Allium schoenoprasum* plants. In addition, these analyses showed a weak negative correlation with nitrate concentrations in irrigation water and soils. Principal component analysis showed also that particle size distribution and organic matter greatly influence the uptake of nitrates by *Allium schoenoprasum* plants. The nitrate concentrations in plants can be related to the use of nitrogen fertilizers.

REFERENCES

- [1] V. V. Ramakrishnan and A. E. Ghaly, "Nitrogen Sources and Cycling in the Ecosystem and its Role in Air, Water and Soil Pollution: A Critical Review," J. Pollut. Eff. Control, vol. 03, no. 02, 2015, doi: 10.4172/2375-4397.1000136.
- [2] B. M. Chen, Z. H. Wang, S. X. Li, G. X. Wang, H. X. Song, and X. N. Wang, "Effects of nitrate supply on plant growth, nitrate accumulation, metabolic nitrate concentration and nitrate reductase activity in three leafy vegetables," Plant Sci., vol. 167, no. 3, pp. 635–643, 2004, doi: 10.1016/j.plantsci.2004.05.015.
- [3] J. A. Ondo, "Vulnérabilité des sols maraîchers du Gabon (région de Libreville) : acidification et mobilité des éléments métalliques," Université de Provence Spécialité Sciences de l'Environnement Terrestre. École doctorale des Sciences de l'Environnement, 2011.
- [4] L. Temple and P. Moustier, "Les fonctions et contraintes de l'agriculture périurbaine de quelques villes africaines (Yaoundé, Cotonou, Dakar)," Cah. Agric., vol. 13, no. 1, pp. 15–22, 2004.
- [5] F. Gastal and G. Lemaire, "N uptake and distribution in crops: An agronomical and ecophysiological perspective," J. Exp. Bot., vol. 53, no. 370, pp. 789–799, 2002, doi: 10.1093/jexbot/53.370.789.
- [6] M. Parvizshad, A. Dalvand, A. H. Mahvi, and F. Goodarzi, "A Review of Adverse Effects and Benefits of Nitrate and Nitrite in Drinking Water and Food on Human Health," Heal. Scope, vol. In Press, no. In Press, 2017, doi: 10.5812/jhealthscope.14164.
- [7] S. S. Mirvish, "The Significance for Human Health of Nitrate, Nitrite and N-Nitroso Compounds," Nitrate Contam., pp. 253–266, 1991, doi: 10.1007/978-3-642-76040-2_18.
- [8] W. J. Gowans, "Fatal methaemoglobinaemia in a dental nurse. A case of sodium nitrite poisoning," Br. J. Gen. Pract., vol. 40, no. 340, pp. 470–471, 1990.
- [9] M. H. Ward et al., "Workgroup report: Drinking-water nitrate and health - Recent findings and research needs," Environ. Health Perspect., vol. 113, no. 11, pp. 1607–1614, 2005, doi: 10.1289/ehp.8043.
- [10] S. Boukerche, W. Aouacheri, and S. Saka, "abc Les effets toxiques des nitrates ;," vol. 65, no. 4, pp. 385–391, 2007.
- [11] A. Z. Bouyakoub et al., "Traitement combiné d'un effluent textile contenant des colorants réactifs par coagulation-floculation et électroflottation Combined treatment of a textile effluent containing reactive dyes by coagulation-flocculation and el," vol. 23, 2020.

- [12] G. J. Bouyoucos, "A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soils," *Agron. J.*, pp. 434–438, 1951.
- [13] J. Hussain, I. Hussain, and M. Arif, "CHARACTERIZATION OF TEXTILE WASTEWATER," *J. Ind. Pollut. Control*, no. September, 2006, doi: 10.1177/0022185606066143.
- [14] H. Ben Mansour, O. Boughzala, Dorra Dridi, D. Barillier, L. Chekir-Ghedira, and R. Mosrati, "Les colorants textiles sources de contamination de l'eau: CRIBLAGE de la toxicité et des méthodes de traitement Textiles dyes as a source of wastewater contamination: screening of the toxicity and treatment methods," *Rev. des Sci. l'eau*, vol. 24, no. 3, p. 209, 2012, doi: 10.7202/1006453ar.
- [15] S. Firdous, S. Begum, and A. Yasmin, "Assessment of soil quality parameters using multivariate analysis in the Rawal Lake watershed," *Environ. Monit. Assess.*, vol. 188, no. 9, 2016, doi: 10.1007/s10661-016-5527-5.
- [16] Z. Wang, Z. Zong, S. Li, and B. Chen, "Nitrate accumulation in vegetables and its residual in vegetable fields," *Huanjing Kexue/Environmental Sci.*, vol. 23, no. 3, p. 79, 2002.
- [17] J. Liang, H. L. Fang, T. L. Zhang, X. X. Wang, and Y. D. Liu, "Heavy metal in leaves of twelve plant species from seven different areas in Shanghai, China," *Urban For. Urban Green.*, vol. 27, pp. 390–398, 2017, doi: 10.1016/j.ufug.2017.03.006.
- [18] B. J. Allred, J. M. Bigham, and G. O. Brown, "The Impact of Clay Mineralogy on Nitrate Mobility under Unsaturated Flow Conditions," *Vadose Zo. J.*, vol. 6, no. 2, pp. 221–232, 2007, doi: 10.2136/vzj2006.0064.
- [19] O. Nourah, "Decontamination des eaux contenant les colorants textiles et les adjuvants par des matériaux naturels et synthétique," Université Mouloud Ouzou, Tizi Sciences, Faculté des sciences, Département de Chimie, 2011.
- [20] A. Diop, "Diagnostic des pratiques d'utilisation et quantification des pesticides dans la zone des Niayes de Dakar (Sénégal)," Université du littoral de Côte d'Opale, 2014.
- [21] B. Massa, Ismael, S. Sorho, and Y. SORO, "schoenoprasum et de parcelles agricoles arrosées aux effluents non," *Afrique Sci.*, vol. 16, no. 6, pp. 114–125, 2020.
- [22] S. Firdous, S. Begum, and A. Yasmin, "Assessment of soil quality parameters using multivariate analysis in the Rawal Lake watershed," *Environ. Monit. Assess.*, 2016, doi: 10.1007/s10661-016-5527-5.
- [23] C. Derradji, "Traitement des eaux usées industrielles: Dégradation des colorants azoïques par un procédé intégré couplant un procédé d'oxydation avancée et un traitement biologique.," p. 13, 2012.
- [24] R. P. Thio, D; K; Konan, K. K; Koffi, and A. K. Yao, Characterization of raw silica sand from the Ivorian sedimentary basin for silica glass making. *Journal of Materials and Environmental Science*, vol. 11, no. 12, pp. 2016-2024, 2020.

Character archetypes in Literature, a picture of what exists elsewhere: A Study of Gabriel Okara's *The Voice*

Fiston Mugisho Ntanga

Teaching assistant, Department of English and African culture, ISP-Kaziba, Bukavu, South-Kivu, RD Congo

Copyright © 2021 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 has been found out that the appearance of characters in different literary works around the world, tend to look alike and sometimes readers confuse them by the fact that they play the same roles. This is because the writer paints his characters according to the shape and existing models so that his work may be taken in the depth of other existing works around the world. Thence, characters, due to this fact, in a literary work appear as intelligent, polite, courageous, coward, rich, poor, etc, and play roles of chief, thief, killer, ambassador, minister, crowd, messenger, elder, advisor, etc, by looking like other characters found in other literary works. The understanding of characters' roles in a literary work helps the reader attribute different archetypes to them, like hero, villain, mentor, scapegoat, outcast, good mother, femme fatale, young innocent, evil mother, etc. This has been done in this paper by the fact that all the characters acting directly with Okolo, the main character of the novel under study, look like other characters in other works around the world. So, different archetypal patterns are drawn from the roles Gabriel Okara attributed to his characters. Some of his characters fit more than one archetype like Okolo and Tuere who are called scapegoats, outcasts and young innocent thanks to different situations in which they are found. To carry out the present work, the library, documentary and internet were used as main methods while the close and repetitive readings and comparison were taken as major techniques.

KEYWORDS: Character archetype, archetypal criticism, literature, role playing, the voice.

1 INTRODUCTION

1.1 BACKGROUND TO THE STUDY

Sometimes readers of literary works confuse stories they have read about and fail to relate them to the novels in which they are from, even their authors. This problem emanates from the fact of meeting characters who play the same roles in different novels, then, bring the likeness of the novels.

By so doing, the understanding a reader can have vis-à-vis this likeness is expressed by their confusing ideas while referring to different authors. As matter of fact, many readers support the idea that writers of literature copy one from another for their works look alike. They say that, writers simply change characters but leave the same sequences and story in their works.

In Gabriel Okara's *The Voice*, it has been noticed that Okolo, the main character, has different traits with other characters found in works produced by other writers. Okolo can have the same qualities as Waiyaki, main character of Ngugi's *The River Between*, and Njoroge, main character of *Weep Not Child*. It is may be because those two writer, though from different areas, share the same colonial system, then experience.

1.2 PROBLEM STATEMENT

The problem this study investigates relates the fact that many readers sometimes confuse what they have read in different literary works. It is an opportunity to discover why are writers using the same characters? Why many readers are getting confused after having read different works? and explain how different characters found in the Okara's *The Voice* fit different archetypes.

1.3 HYPOTHESES

According to what many readers have in minds, writers use same characters in their works. The cause of doing so arises from the connection of the same experiences writers from different areas go through. Then, a literary work being the expression of human experience, writers express themselves through their writing. Due to this we find in literary works the same stories, characters and sometimes ideas.

Regarding the confusion many readers have after having read different literary works, it can be said that it is due to the use of archetypes, i.e. recurrent ideas, settings, conflicts, characters, etc. that they fail to distinguish them. These archetypes like authors no matter where they are from.

In *The Voice*, it is noticed that there are many archetypes as far as different actions, situations, and sequences of the novel are concerned. As the present study focuses only on character archetypes, archetypes like scapegoat, outcast, femme fatale, young innocent, villain, mentor, etc.

2 REVIEW OF LITERATURE

2.1 A GLIMPSE ON ARCHETYPAL CRITICISM

An archetype is the most typical or perfect example of a particular kind of a person or a thing. In literature, an archetype is something that is recurrent, which can be a character, a symbol, a theme, a setting, a situation, and event, or an image. According to the reference [2], the word archetype was used by the first time by the Swiss psychiatrist Carl Gustav Jung. He found out that human beings share a collective unconsciousness which is the source of archetypes. In his points of view archetypes are expressed in myths, religions, dreams, private fantasies, as well as in literature. For him, smile, cry or the ability of sucking in the newborn is archetypal by the fact that all these are repetitive behaviours and gestures that define us as humans (1999: 12).

An archetype does not belong to a particular society. Carl Gustav Jung, cited by the reference [3], however, said that archetypes have their roots in the collective unconscious of mankind which refers to experiences different cultures or races share which include things like love, religion, death, birth, life, struggle, and survival (Adamski, A. 2011: 564). Considering the fact that all these things are found in all the cultures, though have different conceptions, Jung asserts that they are recreated in literary works due to the fact that they are experiences found in the subconscious of every individual. They explain the heritage that humans got from their ancestors no matter where they are from.

It has been found out that as people share a collective unconscious, according to Carl Jung, literary works converge by the use of the same patterns, known as archetypal patterns. They permit a universal understanding when different readers come across the same literary work by identifying patterns which they have ever understood or read about somewhere else. By using the same archetypes, the author tries to connect his culture to other cultures when he expresses ideas that bring strong emotional responses from the readers. Though literary works arise from different areas, archetypal criticism allow readers to find resemblance and connection of those works leading people to say that all the cultures are the same as they share things, like religion, death, life, love, and so on.

According to reference [9], *stories grow out of other stories, poems out of other poems and they do not have to stick to genre* (2014: 19). The likeness of different literary works by the use of the same archetypes proves that literary works sound imitative. No one can pretend to have an original literary work since it presents patterns found in other previous works. Northrop Frye on his part states that literature and painting are pictures of what existed before. He considers that no writer can produce a literary work if he does not pay much attention to what other writers did and how they proceeded. So, the archetypal image, according to reference [10], is the realism or the art of verisimilitude (p135). He continues saying that when what a writer writes resembles what people already know there we can talk about art of extended or implied simile. Thus, writers of literary works have to bring in writing not only what they know but also what people are accustomed to and come across in their daily life.

The reference [3] finds that similarity of literary works is found in the way different authors develop themes, characters, settings, and the plot pattern. He says that all cultures have the same themes of archetypal images and they are common to people from different races, cultures, and of different ages, (2011: 564). The reference [10] understands that at this level a literary work, either a poem or a novel, is a representation of human civilizations. For him, as the nature is the container of man similarly a literary work is a container of fictional people and fictional societies (p145).

2.2 UNDERSTANDING CHARACTERS' ANALYSIS AND ROLE PLAYING IN LITERATURE

2.2.1 CHARACTERS' ANALYSIS IN LITERATURE

The appearance of characters in literary works is what gives gust to read them from the beginning up to the end. Generally, in a work of literature, readers find much pleasure in the way a character is described, either physically, psychologically, intellectually or socially. All these descriptions contribute to the personality of a character in his fictional society. It is a description of characters which draws much attention to what the author decides concerning the appearance of his characters for the embellishment of the work. Thus, the size, the eye colour, the intelligence, the body looking (beautiful/handsome, attractiveness, ugliness...), the strength, and other traits work in order to distinguish a character from the other. A character can be strong in a society than others or weak than others. This is a qualifying point that will distinguish him from other characters, either strong or weak, from the beginning up to the end of the story.

The reference [9], argues that the writer is responsible of the situation, bad or good, that characters go through in the literary work. He continues saying that no character can decide on his appearance in a literary work, but everything derives from the artistic craft of the author. The author brings in his work situations that the real world experience so that the work may have or carry known situations capable to touch the emotions and the feelings of a reader. Situations like death, joy, discrimination, persecution, punishment, hunger, disease, catastrophe, accident, killings, wars, weddings, births, fights, love and so on, can bring a reader to participate negatively or positively to the emotions of a character, (2014: 7). A character who appears doing good things but persecuted by evil characters usually brings compassion and sympathy in the heart of the reader. Some of the situations cited above are bad, harms the character or brings pains. They are what Foster called suffering. He says that the author decides who has to suffer among his characters or who has to make other suffer in the story (2014: 7).

Likely, the reference [10], says that there are situations that push characters to feel pity and sympathize with others especially when there is death, accident and/ or when there is a poisoning in a given family. Abounding in the same point of view, the reference [9], classified them among social violences due to the fact that they bring people together and show their emotions, sympathies, solidarities, harmonies, hospitalities but also they can show characters' hypocrisies, (2014: 60). So, the appearance of characters is shown much in different situations that characters are found in.

In talking about the appearance of a character in a literary work, there are different terms that we have to look at so that we may understand what a character is exactly. These terms touch the personality of the characters and help to distinguish characters in the fictional society. Among them we can pay much attention to physical appearance (handsome, attractive, beautiful, ugly, pretty, unattractive, height, weight, hair, eyes, strong, weak, etc...), the social appearance (friendly, kind, polite, evil, patient, humorous, good, bad, selfish, generous, cruel, sympathetic, stubborn, modest, humble, impulsive, quarrelsome, critical, greedy, prodigal, disobedient, noisy, troublesome, docile, nervous, emotional, simple, serious, lovely, etc...), intellectual appearance (economical, intelligent, creativity, independent, inquisitive, critical, exacting, argumentative, dutiful, secretive, optimistic, confident, clever, open and broad-minded, small-minded, narrow-minded, stupid, silly, foolish, crazy, mad, wise, bright, agile, quick, absent-minded, ect...). **The physical appearance** takes into account all the external presentation of the character's body. It means how the character is designed with all distinctive treats that make him unique in the literary work. **The social appearance** includes some psychological effects which are the expression of individual's personality. Saying that someone is sympathetic, first we have to consider that he feels also internal pains like his companion in suffering without telling them, and second he expresses them now by actions showing sympathy. **The intellectual appearance** takes into account the mind of a character. It shows how the character reacts differently from other people. There are actions a character can do that prove the high rate of his intelligence. The three types of appearance cited above, work together to determine the personality of characters in a literary work.

2.2.2 ROLE PLAYING IN LITERATURE

Apart from the appearance of characters in literature, there is also the role plaid by characters. A work of literature to be called a good work, each character, named or nameless, has to play a well determined or specific role. If a character is given a role of president, he cannot appear teacher at the same moment. It is to say that no character can be protagonist and antagonist at once in a literary work. Either he is protagonist or antagonist but not the two.

Role playing is what distinguishes characters by giving them a societal and intellectual acceptance in their society. Also, role playing puts order in the work by the fact that everything is prioritized and each character is placed at a given position. This fact gives the work a vivid world similar to the world of reality through the presence of characters representing somehow real people.

The reference [9], supports that those characters are not real people though they seem to represent them. It is because characters are made of textual words and cannot exist elsewhere out of the work. These characters though standing for people

in their fictional world, they have no flesh, they cannot breathe, they have no blood, they cannot eat, and they cannot love. He demonstrates that these characters seem only to do these things in the work by the will of the writer but they cannot themselves perform them (2014: 53). Talking about characters, the reference [16], says that *characters often represent the general traits of a group of persons or abstract ideas*. So, when a character suffers or dies in a literary work, no one can say that the death is real and learn about the mourning of the deceased character out of the literary work (1999: 16).

By the fact that characters are identified according to the roles they play in the work, the writer takes a model from some existing forms or shapes so as he can reach the mind of the reader. So, we can say that apart from the imagination of the writer while creating the story, the reader/ audience has a greatest part in giving the character existence through images he has in his mind while reading the novel. This is because the reader has already got experienced in or heard about what he is reading. Through role playing then, a reader can imagine of the position a character is taking when he challenges or insults another. The reference [2], says that a character is a person represented in any form of literary production and who interpreted by the reader as possessing moral, intellectual or emotional qualities. It means that for the existence of a character, then, the reader has to create how it is reacting, speaking, feeling, suffering and so on, for the reader is expected to *project lifelikeness upon codified literary representations by assimilating them to their own prior stereotypes of individuals in real life* (1999: 34).

Considering the fact that the writer and the reader have both a kind of connection in giving life to the character in a literary work, one can easily say that they both have a common agreement on a character. This response that the reader expresses, according to *the reception theory*, shows that the work cannot exist without the participation of the audience. So, we find out that the writer and the reader are somehow connected though they can be from different cultures. However, the reader happens to enter the mind of the writer through the roles characters play. These roles lead the reader to interpret characters referring to what exists already in his mind or what he read about somewhere else. But also, the author creates his characters with much respect to what he also experienced, heard, read about, or simply to what he found already in his society. He simply submits to the existing things, putting them into writing and which immediately meet the insight of the reader. These are what we call archetypes or prototypes.

An author being responsible of all the appearance of his characters, according reference [9], (2014: 7), he also attributes roles to them so as they can fit a given archetype or represent a model that existed already (Abrams 1999). It can be noticed that appearance and role of a character in a novel are the two elements that help a reader to understand and identify the archetype a character fits. Thus, a reader cannot pretend to understand the presence of archetypes in a given novel without reading and understanding it thoroughly.

It may happen that due to the presence of archetypes in different literary works, a reader gets confused and fails to make a difference between them. This is normal since different literary works seem to present likeness in terms of characters, settings, events, themes and so on. For example, Elechi Ahmadi's *The Concubine* presents a woman called Ihuoma who is described as an extremely and attractive woman but carrying a sea god so she cannot marry any man due to that and anyone who marries her is doomed to death. The same situation is found in Flora Nwapa's *Efuru* with Efuru as main character, who is described the same way as Ihuoma. But also, in reading Okara's *The Voice*, another woman called Tuere presents some traits similar to the ones Efuru and Ihuoma have. She is described as having a hung killing beauty but any man who proposed to marry her died.

Thus, when a reader comes across such novels, he may not be able to understand the recurrence of these female characters. If he does not know or has never heard about archetypes, though carrying different names but playing somehow the same role, this can lead him to confirm that one of these writers copied from or imitated the other. At such a situation, it can be remarked that a thing such a reader misses is the recognition of the existence of the same archetype which can be attributed to these three female characters. They can fit the femme fatale archetype due to the fact that they bring catastrophe in the society. They are dangerous and no one can approach them fearing to lose his life. In so doing, they are comparable to Pandora in Greek mythology who was also accused for being responsible of all the problems and evils in the world by having opened the box in which they were kept.

Talking about archetypes in literature one has to bear in mind different patterns that make up a literary work such as, characters, settings, conflicts, situations, events, symbols, images, plot, etc., that contribute to give meaning to the work. Furthermore, all these patterns are tackled and appear in literary works no matter where they are from.

3 PRESENTATION AND DISCUSSION OF FINDINGS

3.1 ANALYSIS OF CHARACTERS IN THE VOICE

It has been found out that in literary works characters are identified through two categories. There is a category of "protagonists" and that of "antagonists". These two categories work in an opposing way so that the story may follow the seven

steps of a story in literature as put forward by many thinkers. So, let us look at characters following the above mentioned categorisation.

3.1.1 PROTAGONISTS

As it has been shown in the literature review, characters' appearance coincides with the personality of characters in their fictional society. For this, we distinguished three groups of appearances that work together to differentiate characters from one another.

To describe characters as belonging to the category of protagonists two sub categories have been identified in the novel, namely *the main protagonist* and *the sub protagonists*.

3.1.1.1 THE MAIN PROTAGONIST

Gabriel Okara's *The Voice*, being among the well known and read novels in African literature, describes the appearance of different characters and the way they consider one another in their society through their relationships. Okolo, the main character, is described as an intellectual young man coming straight from school and finding that everything has changed in the town of Amatu, p23. This pushes him to start his search for the undefined *it* because he failed to integrate the distorted society, Amatu, his homeland. It can be said that Okolo is the incarnation of respect to cultural purity with unquestioned moral values though Chief Izongo does not want people to accept it. This first appearance of Okolo decorates his personality since he wants to show integrity and truth as determinants of normal and strong people. He does not understand how a man can accept to do things that his inside judges to be bad. Through this conviction he says: "*If you put a black paint over a white paint, it does not mean that there is no white paint because when the black paint is rubbed off, the white paint will show again*", p50. For him it is not good to endure in doing bad things because one day the evils a person was doing will be rubbed off and everyone will see that the person was not good. That is why he wants his people understand that they have left the good ways of living, the ways of their ancestors that he symbolizes as "white paint". The white color is taken as a symbol of purity.

The fact of symbolizing Nigerian culture by "*white paint*" by Okara and sometimes by others African writers has a meaning. First, Okara wants to show that Nigerian culture was good in sharpening the personality of the individual through different initiations which had no harm. Second, it is because the African culture cannot be compared to other cultures that he, like Achebe, called *distorted cultures*. Third, it is because Nigerians were living in harmony before the arrival of British colonizers. So, Okara used Okolo as a symbol of purity. A symbol that shows people what they are likely to do. Okolo being a unique in Amatu in following their ancestors' ways of living has the conviction that people in Amatu can restore these moral values only if they open their eyes wide. He says through the novel: "*we can still sweep the dirt out of our houses every morning*" p50. The fact of sweeping one's house is a continuous and repetitive action that people should do so that they may keep their houses clean. Then, Okolo thinks that if people can continue accepting that they have badly behaved against their forefathers' laws, they can confess and ask for forgiveness.

The presentation of Okolo in such a way refers to the attitude of some Africans who rebelled/ opposed the destructive modernism brought by Europeans in Africa. Okolo here can be considered as a model of conservatism. He does not want to wade in the mud of modernism like other citizens of Amatu. The novel says: "*But Okolo did not join them in their joy because what was there was no longer there and things had no more roots*" p23. This passage shows the reasons that push Okolo to fail to integrate his society. All the people have already embarked in luxurious things like money finding, good houses and cars. This was the propulsion of corruption, injustice, materialism and capitalism in Amatu.

Okara, like other Nigerian writers in African literature, decorates his characters by respecting the uniqueness and purity of African culture. He shows that the encounter of Africa and Europe did not leave the African culture safe. Everything changed to the extent that evil took power over good, injustice over justice, immorality over morality, etc. This blinded people until working for meaningless incomes provide that they are seen also as being modern or civilized like others. Through Okolo, Okara shows how much he is touched by the situation Nigerians have been plunged in soon after the independence. Someone can say that Okolo stands for Okara in the novel. Okolo as a representation of purity is socially living in conflict with people like Chief Izongo, Abadi, elders, the Big one, etc, who left willingly the tradition to follow the whiteman's ways of living. All these people seem to be found of money, cars and better houses. They do not care about traditional laws or values as it was for their forefathers. For Okolo, money does not have any importance than teaching words people have in their insides for they cannot be lost like money. He expresses it through these lines from the novel: "*Money may be lost forever, but words, teaching words, are the same in any age. Some of these teaching words are as true today as they were centuries ago. They may be given different meanings to suit the new times, but the root is the same*" pp. 51-52.

Okolo is also an image of conservatism by the fact that he continues keeping in mind that people are not living the way their forefathers lived. This is the result of modernism which possesses traditional values and norms. In Amatu, people do not care about doing straight things. They have accepted blindly the situations in which they are put though they recognize the badness of what they are doing. To attack people for what they are doing which is contrary to what their forefathers did, Okolo says: *"Our fathers' insides always contained things straight. They did straight things. Our insides were also clean and we did the straight things until the new time came"*, p50.

The use of "new time" means modernism. Okolo does not accept to share the cultural destruction that modernism brought in Amatu. We can also understand here the satirical aspect of Okara regarding the British arrival in Nigeria and the weaknesses of the ruling class that took power after independence. So, Okara substituted himself in Okolo opposing modern ways of living that contribute much to the disappearance of traditional laws and values.

Another aspect showing that Okolo is a conservatist is the fact that he does not only forget the ways of his ancestors but also he still remembers the teaching words his father gave him before his death. Okolo wants to do good things as his father recommended him. He was sent to school not to take the ways of white people but to help him open eyes and see how destructive and worse whites' culture is vis-à-vis Nigerian's. From this belief, Okolo had time of meditation and discovering how his kinsmen are bringing their culture to collapse due to their new ways of living. Okolo's father said the following: *"The world is changing and engine canoes and whiteman's house have everybody's inside filled. But then open your ears and listen, son, let the words I am going to speak remain in your inside. I wanted you to know book because of the changing world. but whiteman's book is not everything"*, p105.

He got confident in himself and could not be shaken by all the solicitations from Chief Izongo and his acolytes to join them. Thus, self-confidence expresses Okolo's optimism and courage. The motivation Okolo has, comes from the self-reliance that his father sew in him before his death. There is a greatest belief and trust that Okolo puts in his father's words when he is taking them as his guideline that he has to follow. He still remembers that his father told him: *"Now, listen son, believe in your inside. Argue with no one about whiteman's god and Woyengi, our goddess"*, p106.

Tebeowei talking to Okolo, seems to share the same conviction. He also warns Okolo, apart from believing in his inside, to keep himself from listening to everybody's talk. He asks him to do straight thing that his inside accepts. He says the following: *"To every person said thing, listen not. If you listen to every said thing in this world, you cannot achieve anything or you the wrong thing will do. If your inside says this is a straight thing do it"*, p70. So, though Tebeowei, one of Chief Izongo's wise men, submits to Chief Izongo's dictatorship, he accepts that the world has changed and the conviction Okolo has is true. He cannot leave because he fears chief Izongo. Okolo shows his fearlessness in front of Izongo when he addressed to Tebeowei: *"why do you fear Chief Izongo? He is a man like you and me"*, p41. From this passage we can say that Okolo is not weak as chief Izongo wants people to believe. We can also say that this is motivated by his courage, determination and personal decision to carry out his search until he gets the expected results of it.

Okolo can be said to appear as a preacher by the fact that his mission is to spread teaching words among his people to unlock their insides and bring high the light of cultural values which seems to be crashed by wicked leaders. These teaching words are useful for reminding people that they are no longer looking at their ancestors' ways of living. Okolo says: *"I cannot stop this thing. I must find it. It is here. I am the voice from the locked up insides which the elders, not wanting the people to hear, want to stop me"*, p34.

Okolo appears weak according to chief Izongo and his acolytes. They tell him that he has no "chest" and "shadow" which means that he is "weak" that they cannot fear him, p23. The chest and shadow they are referring to show or express the physical appearance in terms of strength. They consider that Okolo has nothing to say because he is like a drop of water in a sea. He cannot be able to face chief Izongo and all his council of elders who seem to be strong because they are not working individually. They all fight against a common enemy, Okolo, who they want to ostracise due to his inquisitiveness and search for *it*. Izong showing that he is strong and surrounded by strong men, he decides to send Okolo away so that he may cease to trouble them. He says: *"You must leave this town. It may pain our insides too much to see you suffer. We are a soft people and even now if you agree to join us, we untie your hands and you will have no need to knock your head against a stone as you are doing now"*, p48. Chief Izongo uses "we" or "us" to show that he is not alone. He is with strong people who do not fear and who can protect him against any harm. He considers that they are "stones" to mean that no one can face them. The use of "we" or "us" is the behaviour of British colonizers in creating artificial barriers between them and their subjects. Then they use Us and Other system to show that they are different, according to Edward Said (1978) in his book entitled *Orientalism*. Okara used also Izongo as an image of British colonizers' heir who carries all the treats of traditional destruction. During colonization, no one could fight against colonizers fearing that he may be killed like a louse. That is why Okara considers them as stones.

Though chief Izongo considers that Okolo is weak, he also knows that he is instructed and can turn even other people against him in Amatu. It is found that Okolo is not only educated but also initiated. Okara's use of this man of two worlds can be a representation of African elites who have studied much but still they defend their kinsmen. Through this use, it can be noticed that Okara wanted to preach the superiority of cultural values over destructive modern instructions. Chief Izongo fearing to stay with Okolo it is because he noticed that Okolo is powerful and if other people hear his words, many can search for "it" along with him. The novel says: *"The people heard of your activities and all raised their hands for you. But chief Izongo saw in this a personal danger to himself"*, p55. At this level Okolo is no longer weak but strong because he destabilises Chief Izongo and his people. So Okolo becomes an obstacle to chief Izongo and all the elders. He is blocking them from living in peace, imposing their powers through their dictatorship governing. It is said that: *"Okolo started his search for it and this stopped the elders from slapping their thighs in joy because of the coming thing"*, p23.

There are two key words used in this passage. First, "to slap one's thigh in joy" means to enjoy life or to live in a rejoicing way without harm or disturbance. Second, the use of "the coming thing" which is different from what was put above which referred to "modernism". The coming thing here refers to the search of Okolo. It is a new thing because the elders could not imagine that a young man like Okolo, an educated man, could bring such an annoying thing in Amatu.

Being considered an obstacle, Tuere qualified him as a big tree that falls in the way and which does not allow Chief Izongo and his acolytes to go to an opposite side. He seems to impose them another way of living trying to bring them back to what their ancestors lived. She says: *"so, you were a big tree fallen across their path. They did not move it or cut it as they did me because you have been to school"*, p55.

3.1.1.2 SUB PROTAGONISTS

Tuere is the second character who is opposing Chief Izongo's ruling system. She is described as a very beautiful girl living in Amatu with a strange behaviour that does not match with her beauty. She does not accept to make sex with men like other girls of her age despite her hunger-killing beauty as she is described. Thus, many people thought that she does not have some female organs because of this behaviour. The novel describes her in this way: *"she had been a girl of unusual habits, keeping to herself and speaking to herself. She did not flirt with boys though she had a hunger-killing beauty. So, it was in the insides of everyone that perhaps she had not the parts of a woman"*, p31.

It can be understood from this passage that Tuere is the image of African girls before the arrival of British and other colonial systems. In African novels, especially when describing African women, the fact of remaining virgin was a sign of respect and honour that the girl brought not only to her family, but also to herself esteem in the society. Okara taking Tuere in such a way, he shows that virginity was an expression of dignity and purity that modernism came to take away from African women. Today it is an issue of no discussion because no one is still giving it a high or considerable importance it had some years ago. For this, Tuere also can appear as a conservatist by the fact that she remained keeping herself from sexual promiscuity.

Tuere appears, due to her strange behaviour, as witch. The fact of calling her witch is because her parents died one after the other within few weeks. But also because everyman who proposed to marry her died before he accomplishes. This caused Tuere to be ostracized and people avoided to live with her fearing that she may bewitch them as she did for her parents. In Amatu, people seem to have proofs of her witchcraft when it is said in the novel that: *"they openly called her a witch when her mother and father died one after the other within a few weeks and after every young man who proposed to her died one after the other"*, p41.

Though this brings exclusion and isolation, Tuere is described as being strengthened by the fear people started to exhibit in her presence. They all feared her and no one could approach her. So, as she is strong through these accusations, Tuere does not fear to face Chief Izongo and the crowd coming to take Okolo. Then, we can say that Tuere is pessimist and brave in challenging the messengers first, then Chief Izongo saying aggressively: *"If you are a male be with a strong chest, come and take him. She challenged standing straighter than straightness"*, p36. Tuere is not shaken with the prestigious presence and power of Chief Izongo as other people in Amatu presume. She does not only consider that even Chief Izongo fears her when she tells him: *"leave me alone. Go your ways"*, p29, but she also shows her arrogance and brutality as resultant of all the harm Chief Izongo and his people did to her.

Tuere is called a "standing shadow" that cannot be moved by any light. She shows her strength and self-confidence in Okolo. At the end of the novel, though Tuere forbids Okolo to face Chief Izongo in public when he comes back from Sologa, Tuere is the first again to appear by attacking Chief Izongo, the elders and the crowd aggressively. As she is considered as Okolo's defender, she attacks: *"Listen, she shouted as the elders came to a stop. What is this big thing you want to put on your heads, and know nothing people! Your insides are sick like sick eyes that cannot face light"*, p120. She considers that people are blinded by the words of Chief Izongo and cannot understand truth. They are not able to discover that what Okolo is saying is true than Chief

Izongo's words. Tuere wants people understand the usefulness of the search of Okolo. She can also be said to appear as Okolo's helper by the fact that since their encounter, before Okolo going to Sologa, she does not leave him act alone. This can even be seen when Okolo is sheltered in her hut after being hunted by Chief Izongo's messengers and the crowd. She also pays him a visit fearlessly and brings food to him in a room where Chief Izongo confines Okolo. This is said through these lines: "*Tuere put the bucket of water down, took a dish near the pot and poured water. she held the dish of water out for Okolo and he washed his hands*", p53.

Another character working with and who accepts the words of Okolo is Ukule. He is described as a cripple and has difficulties to walk due to his physical state. This was the reason of his exclusion from the society and no one could let him participate in different social meetings or activities. He appears as a hopeless and desperate person like Tuere. He does not know if there is someone who can either change or bring to a standstill the materialism that has got residence in the town. The fact of walking slowly and tiptoeing is a kind of wisdom. So, it can be said that Ukule is the symbol of wisdom by the fact that he has got time to advice Okolo and bring news to them in Tuere's hut. Thus, he appears as an informant going outside to bring information so that Okolo and Tuere may learn about the situation in the town. He says: "*Yes, They are singing with voices like piece of earth, and drinking with throats that pick nothing and shaking the world with their looking-at-nothing feet*", p73. In this passage different words of wisdom can be understood as well as the information that he brings to Okolo and Tuere. He uses metaphor and hyperbole when he puts: "voices like piece of earth", "drinking with throats that pick nothing" and "shaking the world with their looking-at-nothing feet". At the end of the novel Ukule is taken as a cultural representative who will spread the teaching words even after the death of Okolo and Tuere. These lines show it: "*Ukule moved and when he reached the door turned and said: your spoken words will not die. With this he moved into the outside darkness*", p127.

3.1.2 ANTAGONISTS

The second kind of characters in *The Voice* is that of antagonists. They are split into two sub-kinds as the previous kind; the main and the sub antagonists. These are the one who fight against the advancement of Okolo's search for *it*. I am going to cite them following the sub-category to which they belong.

3.1.2.1 MAIN ANTAGONISTS

There are three main antagonists. They are called main antagonists by the fact that they were directly implicated in the ostracism of Okolo.

Chief Izongo is the leader of Amatu. He is described as a dictator, arrogant and corrupt leader. Economically, Chief Izongo is convinced that he can attain the summit of prosperity only through materialism. This is explained by his eagerness for money, power, prestige and other wordily values. He is a proud leader and no one can go against his power. Chief Izongo appears as a powerful and strong leader in Amatu. He is unshakable by saying that he is the one who orders to drive Tuere away and that Okolo is nothing, so he must also leave Amatu. The pride of Chief Izongo is shown here; "*On seeing Okolo standing in his front, Chief Izongo with a jug of palm wine in his hand, laughed loud and long and then suddenly stopped*", p41. He was proud because his enemy is under his control. Through this passage it is understood that Chief Izongo is happy and must rejoice for this victory.

Chief Izongo being a bad leader is a symbol of injustice. He carries all the treats of colonizers by the fact that he totally rejected the tradition and does not want to hear that there is a person in Amatu who is talking about traditional matters again. For this, Chief Izongo can also appear as the symbol of cultural destruction. Having copied everything from white people Chief Izongo does his best to stop Okolo from continuing bothering him so that he may not intoxicate other people to go back to tradition. That is why he presented Okolo as a common danger who does not want people from Amatu live in peace. He puts it: "*That thing there (pointing at Okolo), we've heard nothing but of him since a year ago when he returned*", p43. Okolo is taken as a useless person when Izongo called him "that thing". Chief Izongo uses "we" to include all the people from Amatu so that they may see a danger in Okolo's search for *it*. He continues showing it through these lines: "*I am not given to blowing my own trumpet*", p43, in order to push people believe that what chief Izongo is doing is good than what people say. Elsewhere, chief Izongo can be presented as a wicked leader who took power soon after independence. After independence of many African countries, leaders who took power were seen as substitutes of colonizers by the fact that they continued applying what white people were doing. Then Chief Izongo being a model of such leaders is turning his people to silence to the extent that even elders start doing things against their own will fearing death. It can clearly be noticed that chief Izongo is a symbol of modernism as he rejected his forefathers' ways of living.

The other antagonist is Abadi who fights against Okolo along with Chief Izongo. He is described as intellectual with higher education and has travelled much around the world. He has a PhD and is more experienced, that is why Chief Izongo considers him as his private secretary, main counsellor and his representative in meetings or whenever he is absent in the town. Like chief

Izongo, Abadi appears a corrupt man and a demagogue leader although he is literate. This can be heard through this passage: *"Yes, Abadi who has finished going to all big schools in this world did the same thing and had the same shallow inside that has room for nothing else but money and women"*, p54. Okolo does not see anything good in Abadi as an intellectual. He attacks him saying: *"you've got your MA, PhD, but you have not got it"*, p45. Being chief Izongo's best disciple, Abadi is respectful to his decisions. He does all what chief Izongo asks him to do. That is why he considers himself as being strong and powerful in the town that no one can stand before him. He also appears as chief Izongo's defender by the fact that he does not accept someone to criticize chief Izongo's manner of ruling. During a meeting in Amatu, Abadi tells to people: *"so, let us with one voice answer the question that our leader has put before us a short while ago"*, p45. This is to show that Abadi is ready to do anything provide that Chief Izongo is respected by everybody in Amatu and no one opposes his power and norms.

Seitu is among the main protagonists because he participated on the hunting of Okolo. He is also corrupt, arrogant and materialist like his predecessors. Seitu is considered as the voice of the people in Amatu and this is shown when they are hunting Okolo. He is fearful and unable to face Tuere. This is said in the following passage: *"As she said thus and moved slowly towards the crowd, the crowd moved back and the people turned their backs, including Seitu, the voice of the people and ran"*, p32. It can be said that Seitu is coward because he could not stand in front of Tuere whereas he was the one talking much and showing that he does not fear her.

3.1.2.2 SUB ANTAGONISTS

These characters are not directly showing that they are against Okolo like the main antagonists. They start showing generosity to Okolo but end by attacking him by showing that they are with Chief Izongo. Some of them are neutral but also betrayers.

Tebeowei is one of these characters and one of the elders of Amatu. He is described as an intellectual but characterized by impurity because he lives like all other bad leaders in Amatu despite his conscious. He is also corrupt like his followers. Tebeowei appears as an advisor and is the one who decides to talk to Okolo so that he may stop his search that is dangerous for his life. He wants to get a civilized life as others and does not want to be neglected by people. During their talk with Okolo he says: *"....money is being scattered all around. If any falls at my feet, I stoop and pick it up. If I don't and kick it away, I will be called a know-nothing man and I will be kicked away"*, p50. Tebeowei is also a coward. He knows that what he is doing is bad but he continuous doing it. He does not have time to guide or correct others as he knows that things have changed and no one can stop them from that change. Okara symbolizes them by "puppets" by the fact that they are manoeuvred by Chief Izongo the way he wants. Tebeowei follows all what Chief Izongo says, good or bad provide that he gets money. For him money is good and that comes to show how materialistic and corrupt he is. He tells to Okolo: *"so, I just sit down and look. If they say anything, I agree. If they do anything I agree, since they do not take yam out of my mouth"*, p49. There is hypocrisy in Tebeowei's speech. He wants to show that he wishes things might change while he started by persuading Okolo so that he may join them in order to secure himself when he says: *"I know, Okolo but you must see the fact of the new time"*, p50. Here he sustains the argument that things have changed. How could he carryout that change then?

The Elders being among sub antagonists are described like Tebeowei, as dependent. They are defending and supporting chief Izongo in order to enrich themselves. This is because before joining Chief Izongo's group many of them were poor. So, they must pay much respect to the one who made them Elders. This shows that they are materialists like all the others. They are only looking for fortunes. Abadi tells them in a meeting: *"what could you have been without our leaders? Some of you were fishermen, palm outters and some of you were nothing in the days of the imperialists. But now all of you are Elders and we are managing our own affairs and destinies"*, p43. They have to submit to Chief Izongo's decisions without any discussion. They are all naive, weak and coward by the fact that they cannot express themselves in opposition to what Chief Izongo says, good or bad. This is shown in the following passage: *"did I say by deep? He asked and some of the Elders shook their heads others nodded in agreement and yet others tried to do both, resulting in a confusion of heads bobbing and swaying from side to side like the head of puppets"*, p42. Okara continues calling them puppets due to their fear to oppose Izongo's ideas.

The mother-in-law is among sub antagonists though she is not working with Chief Izongo. She attacks Okolo due to the fact that he covered her daughter-in-law with his raincoat when the rain starts. She is an image of divine power due to the fact that she exchanges with her gods to stop the storm so that they may not drown. But she is also aggressive and did not want Okolo to explain himself. She says: *"and you this man between you and me a big thing has fallen"*, p65. A big thing here means "a great problem has started". Because in the novel the woman says that the problem won't end there. And truly speaking the problem continues in Sologa when Okolo is forced to swear if he did not touch Ebire.

After the mother-in-law we have the crowd as another kind of antagonist working with Chief Izongo and the Elders to stop Okolo in his search. They have no position and nothing they are gaining like the elders in attacking Okolo. They do so because Chief Izongo told them that Okolo is a common danger and enemy of everybody in Amatu.

They followed the three messengers sent by Izongo to Okolo's place to collect him. It is said that: *"Okolo saw the crowd, a crowd of men, women, children talking, whispering, and three men talking and gesticulating in front"*, p27. This shows how the crowd was following the messengers to hunt Okolo. They appear like and/or represent the population of Amatu. Okara uses metaphor to talk about this crowd when they catch Okolo. He says: *"The people snapped at him like hungry dogs snapping at bones. They carried him in silence like the silence of ants carrying a crumb of yam or fish bones"*, p38. This crowd is acting not because they are convinced of what they are doing but because they have to side with powerful men so that they may not be crashed off. Tuere said that they have sick eyes which cannot face light. This is because they have failed to understand that Chief Izongo is misleading them.

Though some people have conviction that they are living in a distorted world, the Constable being a lawman fails to face the Big one due to his fear of death. So, it can be seen that the Constable is not only coward and weak but also he is a fearful and corrupt man in Sologa. When Okolo explains to the Constable that he was drugged by people he does not know in a dark house hopes that he may be helped as the man knows law. Surprisingly the Constable shows to Okolo that that house belongs to the Big one and no one even law can face him. This fact shows how fearful and weak the Constable was. He shows it through these lines: *"But the owner of the house you mention is also a big man in Sologa"*, p78. Through this passage, the constable can be understood as showing the strength of big men for they cannot be shaken by anything. The exaggeration is when the constable proves that even the law does not look at the face of the big one. Such people in the society are dangerous. They cannot be ready to raise their voices in order to save others or denounce what is unfair in the community. He says: *"the law looks at this big man's face"*, p79. This is to mean that as everything has changed only powerful men can impose themselves and no one else can speak up to express himself. That is why the constable thinks that Okolo does not understand what the Big man is because he is a stranger in Sologa.

The owner of the Restaurant is another character appearing in opposition to Okolo's search. He first shows generosity, pity and sympathy towards Okolo but ends by showing his real position. He is also subscribed on the list of corrupt characters and still has the same belief, like others, that things have changed and no one can pretend to save the situation. Due to this position of the owner of the restaurant, Okolo decides to leave for he does not understand why everybody is against his search. Okolo finds that the man is only looking pleasure in eating and drinking despite the spoil of the world they are in. Okolo's decision is motivated by the words he reads on the wall of the restaurant: *"so, let the spoilt world spoil. Then below this written in bolder letters was: "Eat and drink o, die one day we go"*, p82. Due to this message Okolo failed to cohabitate with the owner of the restaurant that he is opposed to his insights.

Also, the owner of the restaurant wrote on another wall that: *"even the whiteman's Jesus failed to make the world fine"*, p82. The owner of the restaurant appears to be weak and coward by the fact that he submits to the worse living conditions they are imposed to by the distorted colonial legacy.

The whiteman officer is another character against Okolo's search, who appears as corrupt, destructor and dictator like all the other characters fighting against Okolo's search. He is proud by the fact that people in Amatu and Sologa have followed what they presume to be right, which is the ways of white men. He confined Okolo in a room because he does not behave like other people in the town. The whiteman officer says: *"you have to be confined here in a room until you are taken to the asylum"*, p87. Fearing the disturbance of Okolo, the whiteman officer appears weak for he is unable to face Okolo. Also, he can be seen as being coward by the fact that he understands that what Okolo is searching is right but still he does not want him to continue considering him to be a danger. Then he tells him: *"these things simply don't exist in real life, if you want to get anywhere"*, p88. So, for him doing or making food things in the world no one can pretend to find true or honest people. That wrong things have to be considered so that a person or an area can get developed according to the whiteman officer.

3.2 CHARACTER ARCHETYPES THROUGH ROLE PLAYING IN THE VOICE

The present section examines some characters as archetypes through different roles they play. Role playing is an important means that helps us determine the archetype a character fits and how it is explained or shown. That is why it is impossible to find a character named "hero" in a given literary work. The reader discovers him or can call him hero by identifying the role he plays which can reveal the qualities he has comparatively to those of a hero. These qualities or features are the ones determining the archetype a character can fit. So, these characters in literature include: the hero, the outcast, the scapegoat, young innocent, femme fatale, good mother, the villain, the terrible mother, etc. The allocation of these archetypes in this section is done following the roles plaid by characters.

In *The Voice*, few characters are examined as archetypes following their actions and reactions toward the main character who is the central or focal point in the novel. I will explain what makes a character archetypal and how that archetype is appearing in the novel understudy. Here bellow is the description of those characters:

3.2.1 OKOLO AS AN ARCHETYPE

Okolo as main character and central protagonist in *The Voice* fits different character archetypes. Firstly, he is a hero fighting against Chief Izongo and the Elders of Amatu. His mission is to look for better life for his people in Amatu. This being among missions hero have to accomplish, Okolo stands up to denounce the bad ways of ruling that they are obliged to live in by chief Izongo. Sometimes one can consider this fight as being intellectual and psychological by the fact that only words are being addressed instead of guns or weapons. This can be understood as a counterpart of modernization. When Okolo says "*Whom are you fighting against? Are you not simply making a lot of noise because it is the fashion in order to share in the spoils. You are merely making a show of straining to open a door that is already open*" (p44) he presents this conflict. Like all heroes during their missions, Okolo undergoes many challenges and trials along his search for it. This gives words to confirm that he is a hero by the fact that he presents the same qualities a hero presents. He does not surrender or abandon the battle before finishing it by showing bravery, intelligence, endurance, determination, decision, courage and optimism like other heroes in literature. When he is hunted by Chief Izongo's messengers and other people, one can understand that he is facing challenges. He accepts to undertake his quest though he knows that their leaders are not good. His mission is to let people understand that what they are facing is not fair. They have to understand what he means by "*it*".

Through the actions and the situations in which Okolo is found, he does not fit the hero archetype only. There are other kinds of character archetypes he fits due to the roles he plays in different situations. Okolo is considered as an outcast, a young innocent, a scapegoat, Christ figure etc. Okolo is an outcast because Chief Izongo and the Elders impose him to leave the town of Amatu his homeland. By definition, an outcast is a person who is imposed to leave his family members and friend due to his unbearable behaviour. So, Okolo is attributed this archetype because he is living differently from other people in Amatu, which does not please Chief Izongo and his council of Elders. This is understood when Chief Izongo says: "*You must leave this town. It will pain our insides too much to see you suffer*", p48. This is the first element showing the ostracism of Okolo as he is banished and excluded from the society. The same situation is repeated in Sologa due to his bothering questions concerning the Big One.

Okolo not being a bad man in the society, his personality is witnessed by other people from Amatu. They know that though Chief Izongo is fighting against Okolo, Okolo has a clean inside and does straight thing. Thus, Okolo fits the young innocent archetype. While reading African literary works one can understand that the young innocent archetype is recurrent. This is understood by the opposition of young versus old in the society. Okolo is innocent because he does nothing wrong in his town. The only conflict he has with Chief Izongo is the search for someone who has got "*it*" in Amatu. The interpretation of this conflict can give the image of the political situation of the country. Chief Izongo, as a leader, does not want his people to discover that he is bad though Okolo has already discovered it. Referring to this consideration, it can be mentioned that Okolo is given the role of scapegoat. He is blamed of bad things happening in Amatu and he is said to be responsible for all the troubles in Sologa. Okolo is a Christ figure by the fact that he is taken as a saviour. He wants to save his people from the bad ruling of chief Izongo but rejected by all his people. This was the case for Jesus Christ. ASHAOLU puts that Okolo emerges as a Christ like figure because his mission is to redeem his people (p111) and the circumstances in which Okolo died are similar to those of Christ (116). These circumstances are taken through the way his people receive the message he brought and the way leaders from Amatu and Sologa react against the powerfulness of that message.

3.2.2 CHIEF IZONGO AND ABADI AS AN ARCHETYPE

It can be noticed that characters like Abadi and chief Izongo play roles of preventing Okolo to achieve his quest. They are leaders of Amatu. Considering the fact that they are against Okolo, they have the attribute of villain archetype. They do not want to see Okolo excelling in his quest even to talk to other people in the town. This brings in different conflicts and oppositions since they have got different points of view and understand differently the world they are living in. To understand this, the passage from the novel says: "*They turned over the spoken words and sent messengers to Okolo to ask him to cease forthwith his search for it*", p24. These characters can never understand or accept that Okolo is right in what he intends to look for. They only want to continue living with people wading in the blindness they have put them. At this range all the other Elders can be added by the fact that they also do whatever they can so that Okolo may not achieve his quest.

3.2.3 TUERE AS AN ARCHETYPE

Tuere has different attributes in terms of archetypes. This derives from the roles she plays in the novel. By the fact that Okolo is not fighting alone, Tuere is considered to be a good mother because of her affection towards Okolo. She is affected to Okolo, first when she rescues him while Okolo is being hunted by Izongo's messengers. "*Okolo ran and as he ran past, a voice held him. 'Come in, ' it said. Come in quickly*", p28. Second, it is when Okolo is put in a room with bound hands waiting for his journey. The novel says: "*In spite of himself his body became stiff but when he heard his name called in a loud whisper his breath reached the*

floor. It was Tuere", p52. The fact of helping Okolo is one element showing that Tuere is a good mother. She is doing all her best so that Okolo may not be harmed by his enemies. She is taking care of him and is ready to fight along with him because she considers Okolo as her saviour. In addition, Okolo seemed to be rejected. He thought that he is alone and he could not even hope of a given help from outside. The fact that Tuere understands what Okolo is searching for pushes her to take care of him by bringing food to him. She does not fear to face anyone among the Elders and Chief Izongo. To show her bravery, it is said that: *"Tuere put the bucket of water down, took a dish near the pot and poured in water. She held the dish of water out for Okolo and he washed his hands"*, p53. All this was a kind of showing her goodness towards Okolo that shows her image of good mother archetype as she is feeding Okolo like his son. She only cares about him because both of them are in the same situation and thus they have to help each other.

Nevertheless, Tuere has got other attributes as far as archetypes are concerned apart from that of good mother. Thus, she is considered to be a femme fatale. A femme fatale, as it was said earlier, is a woman who brings catastrophe in the society. It is obvious noting that Tuere is not taken in that situation. She is only a girl of unusual behaviour in the town that people cannot understand what she is exactly. The novel shows that *"Tuere did not flirt with boys though she had a hunger-killing beauty. So it was in the insides of everyone that perhaps she had not the parts of a woman. They did not, because of these her strange behaviours, call her a witch"* p31. People in Amatu consider that as her parents died one after the other within few weeks, she must have contributed to their deaths. They also do not understand how every man who proposed to marry her died. These two elements are the cause of Tuere's accusations and ostracism. To show it the novel says: *"They openly called her a witch when her mother and father died one after the other within a few weeks and after every young man who proposed to her died one after the other"*, p31.

It can well be understood that Tuere from this passage, fits another figure in literature. She is a scapegoat by the fact that she is, like Okolo, accused of being responsible of things she does not know. She is taken as a danger in the society and no one can approach or live with her in the town anymore. From the same passage above another figure emerges, that of young innocence. So, Tuere is a young innocent because really she is innocent. She does not know why people are accusing her like that while she cannot be blamed for that.

3.2.4 TEBEOWEI AND THE OWNER OF THE RESTAURANT AS AN ARCHETYPE

As it has been mentioned earlier, these two characters are described as villain characters by the fact that they also fight against Okolo like other characters during his search. Their first encounter with Okolo is promising as they start by showing their goodness towards him. At this level, as it can be seen, they appear as mentors due to their somehow pieces of advice though looking for ways to forbid Okolo to continue his search for it. However, the way Tebeowei starts to advice Okolo cannot really show that he is against him. He shows him how difficult and dangerous his search is. Consequently, he ends by showing Okolo that they have nothing to do against that regime so that they may change the situation. Thus, they have to follow what others are doing so that they may not lose their lives for nothing as no one is ready to understand what they say. At this level then, Tebeowei is considered as a villain character by the fact that his thoughts are different from those of Okolo. This can be understood when Tebeowei says: *"If any falls at my feet, I stoop and pick it up. If I don't and kick it away, I will be called a know-nothing man and I will be kicked away"*, p50.

From these lines Okolo sees that Tebeowei is not different from Chief Izongo and Abadi. Surely, he cannot act differently as they all partake in the same council of elders and take decisions together.

The Owner of the Restaurant looks like Tebeowei in the attribute of archetypes. He starts by showing generosity, pity and sympathy toward Okolo. Okolo does not think that this man can react in a way different from what he is talking about. When he welcomes Okolo, he tells him that their insides are alike. He even asks Okolo to stay with them because they have many things in common. Okolo leaves him after finding that that man is like the ones he left in Amatu. Again when Okolo reads the message written at the wall of the restaurant, *"Even the whiteman's Jesus failed to make the world fine". So let the spoilt world spoil*", p82, he gets disappointed and cannot understand why a man presenting goodness can put such words on his wall.

3.2.5 THE MOTHER-IN-LAW AS AN ARCHETYPE

The mother-in-law is another character who opposes the main character during his journey to Sologa. She attacks Okolo when she understands that Ebieri was sleeping on Okolo's laps covered by his raincoat. She does not understand how a girl who is going to meet her husband can sleep on another man's laps. This creates a kind of conflict until the problem is spread in the whole canoe. Her aggressive words toward Okolo show that she is against him by the fact that she promised that the problem will not end in the canoe. The woman says: *"And you this man, between you and me a big thing has fallen. Not one word from your mouth has come out since you joined the canoe. You have been silent more than silence. So in your silence you were knotting bad thoughts*

in your inside. This big thing will not finish here. All you my witnesses be. You all saw how my son's wife was on his lap covered with raincoat", p65).

From this passage it can be understood that the mother-in-law does not want to see Okolo in her presence. She has taken him as an enemy by the fact that Okolo touches the wife of his son. That is why this mother-in-law can fit the terrible mother archetype. She does not like Okolo to live in peace. The terrible mother can also be called evil mother by the fact that all her actions against the main character are nefarious. In Sologa the problem continues and the Mother-in-law does not accept that her son can marry Ebiere. She wants everybody in the meeting believe that Ebiere is a bad girl and that she does not deserve to marry her son. From such a conflict, it can be well understood that as the mother-in-law's actions are against the hero she presents the terrible mother archetype which is different from the mother figure or good mother. This is even seen when she obliged Okolo to come and declare if truly he did not touch her daughter in law by swearing calling their goddess.

3.2.6 EBIERE AS AN ARCHETYPE

Ebiere is among characters who are not repeated in the novel. By the fact that she is blamed for having accepted Okolo to touch her, she can be called a scapegoat. As said above, this archetype goes hand in hand with the young innocent archetype. She does not know why she is being blamed for things she did not do. That is why she fits such an archetype. Her innocence continues during her trial at the groom's house. She was defended both by her boyfriend and Okolo who is not shaken by the eyes of the elders and all the attacks from the mother-in-law.

4 CONCLUSION

To conclude the present research, I can say that the understanding of characters through the role they play is an important activity that gives readers a clear understanding of the message conveyed by the work. By a simple reading of *"The Voice"*, though a well known novel in African literature, no one could understand how it is connected to other literary works around the world. It is only through the actions, optimism, courage and other situations Okolo, as main character, is found in, either with others or alone, that the reader can understand the reasons of his heroism. The present paper has contributed to the implementation of new techniques of understanding literary works, by removing false considerations of artistic plagiarism or general imitation. In so doing, any reader of the present paper is likely to understand *"The Voice"* as a collection of different archetypes that connect the writer, Gabriel Okara, to not only his counterparts of Nigeria but also to all the writers of literary works around the world. This is well understood through the roles played by characters like leaders, messengers, elders, white, intellectual, etc.

By not having finished all concerning the novel under study, I can suggest to other researchers to analyse *"The Voice"* differently from the way I did in order to help readers understand it correctly.

REFERENCES

- [1] Achebe, C. (1960). *No Longer at Ease*. Nairobi: East African Educational Publishers Ltd.
- [2] Adams, M.H. (1999). *A Glossary of Literary Terms* 7th edition. New York: Earl McPeck.
- [3] Adamski A. (2011). "Archetypes, Collective unconscious and Quantum psychology" In *Quantology* 9 : 563-571 .
- [4] *Things Fall Apart*. Nairobi: East African Educational Publishers Ltd.
- [5] Anyokwu, C. (2009). "Myth and History in the Poetry of Osundare". *Comparative Literature and Culture*. 11/4:1.
- [6] Campbell, J. (1949). *The Hero with a Thousand Faces*. Princeton, NJ: Princeton University Press. .
- [7] *Transformations of Myth Through Time*. New York: Harper and Row.
- [8] Darrell, D. (2005). "Archetypal Literary Theory in the Postmodern Era". *Journal of Jungian Scholarly Studies*, University of Toronto, Vol.1.
- [9] Foster, T. C. (2014). *How to Read Literature like a Professor: A Lively and Entertaining Guide to Read between the Lines*. New York: Harper Perennial.
- [10] Frye, N. (2006). *The Educated Imagination and Other Writings on Critical Theory 1933–1963*. Ed. Germaine Warkentin. Toronto: University of Toronto Press. .
- [11] Eliot, T. S. (1956), "The Frontiers of Criticism". *The Sewanee Review*. 64/4:525-543. .
- [12] Forster, M.J. (1970). *Aspects of the Novel*. London: Penguin Books. .
- [13] Gillepie, T. (2010). "Archetypal Criticism for Students: Finding the Mythic Resonance". Ohio: Stenhouse Publishers .
- [14] Hornby, A.S. (2010), *Oxford Advanced Learner's Dictionary*. Oxford: Oxford University Press.
- [15] Jaffé, A. (1964). "Symbolism in the Visual Arts. In Jung C. G. (ed). *Man and His symbols*. New York: Doubleday, Sco, pp. 272-303.
- [16] Mario, K. (1999). *An Introduction to Literary Studies*. New York: Routledge.

- [17] Jung, C. G. (1964). *Man and his Symbols*. New York: Doubleday.
- [18] Kaputo K. (1983), An analysis of Archetypes and structures in James Joyce's *Portrait of The Artist As A Young Man* according to Northrop Frye's *Anatomy of Criticism*, Unpublished Graduate Research Paper. Bukavu: ISP/BUKAVU. .
- [19] Maud, R. (1992). "Archetypal Depth Criticism and Melville". In Sugg, R. (ed). *Jungian Literary Criticism*. Evanston: North western UP. .
- [20] Meja M. (1979). *The Cockroach Dance*. Nairobi: East African Educational Publishers Ltd.
- [21] *Striving for the Wind*. Nairobi: East African Educational Publishers Ltd.
- [22] Ngũgĩ, T. (1964). *Weep Not Child*. London: Heinemann Educational Books Ltd.
- [23] Okara, G. (1964). *The Voice*. London: Heinemann Educational Books Ltd.
- [24] Rupprecht, C. S. (1997). "Archetypal Theory And Criticism".
Available at http://www.press.jhu.edu/books/hopkins_guide_to_literary_theory/. Retrieved on 25 April, 2018 at 19:30. .
- [25] Ryan, M. (2011). "Fearful Symmetries: *William Blake, Northrop Frye, and Archetypal Criticism*". *ESC* 37/2:173-183.
- [26] Siegel, K. (2003), "Introduction to Modern Literary Theory".
Available at <http://www.kristisiegel.com/theory.htm#Archetypal/Myth%20Criticism>. Retrieved at 25 April, 2018 at 19:40.

Meaning deviation through a mispronunciation of some words during communicative practices in Bukavu Swahili

Fiston Mugisho Ntanga¹, Innocent Ntambaka Mashongole¹, Emile Baderha Bakenga², and Barthelemy Muzaliwa Balume¹

¹Teaching assistant, Department of English and African culture, ISP-Kaziba, Bukavu, South-Kivu, RD Congo

²Teaching assistant, Department of French and African language, Isp-Kaziba, Bukavu, South-Kivu, RD Congo

Copyright © 2021 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 investigates the way some speakers of Bukavu Swahili in Bukavu transform the message due to a mispronunciation of some words during communication. The present study aims at understanding, how, why and when some word meanings are deviated by these speakers. The mispronunciation of some words in Bukavu Swahili creates a deviation of their meanings. This is done due to the fact that by mispronouncing a word, a different word is born which puts the listener into confusion. Thence a different message is conveyed contrary to what the speaker wanted to give. During this investigation, we noticed that deviations in Bukavu Swahili can be analysed through two different factors, namely intentional and non intentional factors. For intentional factors we identified deviations related to comic usage of Bukavu Swahili whereas non intentional factors, consisted of deviations related to the origin of the speaker and others related to word confusing through imitation. To carry out this investigation we used the interview and documentation as major methods while observation, discussion and comparison helped as major techniques.

KEYWORDS: Meaning deviation, mispronunciation, communicative practices, Bukavu Swahili.

1 INTRODUCTION

1.1 BACKGROUND TO THE STUDY

A language is used for communication. That is why people differ from animals by their capacities of communicating and exchanging ideas one from the other. Two people can easily converse if they have a common language that facilitates their dialogue. Many linguists have said that the way people use the words of a language during their talk expresses their mastery of the same language. Sometimes people come across new words, create others or even borrow other words from other languages. But this must be done respecting the major aim of a language in a community.

It has been found out that people speaking Swahili in Bukavu deviate the meaning of some words through mispronunciation. There are some Swahili words, when mispronounced, give birth to different other words. Not only some people in Bukavu do not have a great mastery of all the words, but also want to imitate speakers of standard Swahili which differs from Bukavu Swahili. However, the standard Swahili known as “*Swahili safi*” or “*Swahili sanifu*” is mainly used in a formal way. It means, only schools, churches, offices and Medias use it in Bukavu. Owing to its prestigious sounding, an imitative practice is born in the mind of people until using some words abusively.

1.2 PROBLEM STATEMENT

The problem this study intends to solve is well understood from the questions put here below:

- *Why are people using words abusively during their talk in Bukavu Swahili?*
- *What are the causes of this misuse of Swahili words in Bukavu?*
- *Are people aware of this misuse of words?*

1.3 HYPOTHESES

It has been found out that many people in Bukavu are using Swahili words the way they like. This is due to different aspects and activities that link them. A young man found in crowded and noisiest places of Bukavu, has his own way of using some words differently from old ones. It is the same case when a girl uses a word and when a boy uses it.

The causes of misusing some Swahili words in Bukavu Swahili are related to the origin of the speaker, the age of the speaker, the comic factor, etc.

It can be said that people are aware of this misuse of Bukavu Swahili words for it creates misunderstanding in some parts or even disorients listeners. It has been taken as a new kind of using the language by a particular group of people which is different from the one used for normal and formal communications.

2 REVIEW OF LITERATURE ON WORD MEANING

This point focuses on the overview of different ideas put by linguists concerning word meaning. It analyses the definitions given by linguists, the types of meaning and other issues concerning the understanding of a word during communication. Through this section, different notions concerning the behaviour of a word in meaning giving will be given here.

Before starting this investigation, different concepts relating to meaning must be well understood. These concepts enable the understanding of this study and pave up a way to a better interpretation of the results. They include: *semantics, pragmatics, lexicon, lexeme lexicography, lexical meaning*. Different ideas concerning the latter are given differently by thinkers in linguistics.

For the understanding of this study, let us look at different parts of linguistics focusing on meaning; namely *semantics* and *pragmatics*. But also, a word must be put on the concept “*meaning*” which appears difficult to define by linguists.

2.1 SEMANTICS

Semantics is the study of word meaning, utterance meaning and sentence meaning. The reference [14], says that semantics studies the toolkit for meaning (2006: 1). By *toolkit*, Patrick considers that the speaker of a language must know the vocabulary (different words) of the language and all the patterns (grammar) coming together in the building of meanings. The reference [5] on his part, says that semantics concerns the competence of speakers to use the language system in producing meaningful utterances and understanding what others say (2002: 18), while the reference [13] takes it as the most fascinating subject of linguistics having as responsibility the study of meaning (2010: 2). Cruse (2000: 15) cited by the reference [12] divides semantics into three subfields; namely *lexical semantics, grammatical semantics* and *logical semantics* (2012: 21). He continues saying that lexical semantics focuses on content names like *nouns, verbs* and *adjective*. Unlike Cruse (2000), the reference [4] develops the theory by saying that lexical semantics studies the meanings of all the components of content words known as “morphemes” (2009: 157). He says that lexical semantics gives individual meaning to words (2009: 48). Grammatical semantics, as mentioned by Cruse (2000) concerns *aspects of meaning which have direct relevance to syntax*. Finally, he says that logical semantics also called “formal semantics” studies *relationships between natural language and formal logical systems*. The reference [15], working on semantics, argues that semantics is divided into two different parts, namely “sense” and “reference”, where “sense” expresses the difference in meaning between expressions, whereas “reference” picks out the entities in the world to which they correspond (1999: 162).

2.2 PRAGMATICS

It is well known that pragmatics is one of the parts of linguistics studying meaning. Authors, researchers or linguists, have given different definitions concerning pragmatics in order to help people understand what it is about. The reference [4] for example, says that pragmatics explores the role played by context during the interpretation of the speech of different people (2009: 48). The speech can be written or oral, political or religious, etc.

On his part the reference [5] understands pragmatics as being a person’s ability to draw meanings from specific kinds of speech situations, like the recognition of what someone is referring to while speaking, the fact of relating new information to

what has gone before, the interpretation of what derives from the background of the speaker and the topic under discourse (2002: 18). In addition to that, the reference [14] says that pragmatics is the study of utterances meaning and in its study there must be a close relationship between meaning and context (2006: 6). Thus, the reference [13] says that apart from studying utterance meaning, pragmatics looks at other principles of language us to give meaning (2010: 21).

2.3 MEANING

Talking about “meaning in linguistics” we see the reference that speakers are relating to their words. The reference [14] says that the major aim of the language is to communicating about the world outside the language. The “world outside the language” can be people, objects, or any other situation or event found in the area where the language is spoken. According to him a word in a language must denote an aspect of the world for no word can be used without any purpose (2006: 1).

It has been found out that there are different types of meanings. Authors in linguistics have proposed some ideas likely to help understand what “meaning” is by the fact that it is difficult to define. The reference [14] talks about two different types of meaning. *The sender’s meaning is the meaning the speaker or writer intends to convey using an utterance* (2006: 9), whereas *the literal meaning is the one people familiar with the language agree on for sentences considered in isolation* (2006: 10). Other different types of meaning have been given by Margarita (2012: 29) [12]. She made a difference between “lexical and grammatical meanings” where lexical meaning is related to content words (noun, verb, adjective, etc.) and “grammatical meaning refers to grammatical words (units) like (infections, affixes, and other functional words like prepositions, conjunctions, articles, etc.). To end up with categorizing meaning in linguistics, the reference [12] mentioned that the other type of meaning is “contextual meaning which helps the listener or the reader to remove the problematic interpretation of the word (2012: 33). From the context a word is used in, the listener can clearly understand what the speaker is referring to. For example the use of polysemous words requires the contextual meaning in order to understanding clearly what the speaker is talking about.

There are different concepts authors talking about meaning have put forward for the understanding of what meaning is. For example Lyons, Odgen and Richards according to the reference [12], have made a distinction between “reference” and “referent”. They say that a “referent” specifies any object or state of affairs in the external world that is identified by means of a word or expressions, whereas “reference” points to the concept which mediates the word or expression and the referent, (2012: 26). Unlike Lyons Odgen and Richards, the reference [12] says that Frege (1970) comes in with another idea of “reference” and “sense”, where “reference” is an object, a person, etc, that an expression refers to and “sense” is the way used to express it (2012: 27). In Saussurian terms, according to the reference [12], the meaning of linguistic expressions derives from two sources: *the language they are part of and the world they describe* (2012: 27). He introduced the notions of “signifier” and “signified”. For Saussure, cited by the reference [12], the term “signifier” would be the “referent” while “the signified” would be related to other terms in the same language.

3 PRESENTATION AND DISCUSSION OF THE FINDINGS

3.1 LEXICAL RELATIONS IN COMMUNICATIVE PRACTICES IN BUKAVU SWAHILI

Communication practices are different activities leading people to the total use of the language. During language usage, speakers can use words either in isolation or in group. It has been found out that words give meaning or even a complete message when they are used with others in a right position or place. However, a speaker cannot content himself of knowing many words from a language if he does not know the relations those words have with others. The reference [13] mentions that a speaker of a language, apart from knowing words and expressions in the language, must be competent to know how the meaning of a word relates to other words in terms of “synonyms, antonyms, meronyms, hyponyms, etc. (2010: 136).

It is by the failure of relating words that some speakers of Swahili in Bukavu confuse words by not respecting the way they are pronounced. There are many speakers of Bukavu Swahili who engage in using some words as being synonymous whereas no. For example, instead of saying “*insiya*” (feeling) you can hear a speaker of Bukavu Swahili saying “*jinsiya*” (gender). These are two different words and cannot even be used interchangeably.

The following examples can be given concerning “*insiya*” and “*jinsiya*” for a clear understanding.

- (1) “*Ana insiya la ngono*” (He/she has sexual feelings).
- (2) “*Anapiganiya jinsiya*” (He/she fights for gender equality).

To say (3) **Ana jinsiya la ngono* (He/she has gender of sex) or **Anapigniya insiya* (He/she fights for feelings) sounds meaningless. In (1) the lexeme “*la ngono*” (sexual) plays a role of adjective modifying “*insiya*” (feeling) which is the head of the sentence. In (3) the meaning expressed by the word “*jinsiya*” following by “*la ngono*” cannot be understood because the

relationship between these two words is not acceptable in the sentence. It can be found out that the word “*jinsiya*” (gender) and “*ngono*” (sex) are synonyms by the fact that they can refer to either male or female. So, it can be said (5) “*Wanapiganiya ngono*” (They fight for sex), to sound or give the same structure as (2) but still have different meanings.

Speakers of Bukavu Swahili either have difficulties to pronounce some of the words we selected or confuse those words. It is important mentioning here that those words are listed in pairs showing how this confusion is done. When someone uses the word “*uvivu*” (weakness) instead of “*uvuvi*” (fishing) there is a false pronunciation by displacing sounds or morphemes making up those words. The former comes from the verb “to weaken” while the latter comes from the verb “to fish”. They are neither synonyms nor antonyms. Let us look at these examples:

(6) “*Kijana huyu ni muvivu*” (This young boy is lazy).

(7) “*Kinjana huyu ni muvuvi*” (This young boy is a fisherman)

In the two examples the forms like “*muvivu*” (lazy) and “*muvuvi*” (fisherman) are used by giving two different categories. They are all used like complement of the verb “to be” but one is an adjective (in 6) while the other is a noun (in 7). The problem people speaking Bukavu Swahili have while using these words relies on the displacement of “*vu*” last syllable in “*mu-vi-vu*” and that of “*vi*” last syllable in “*mu-vu-vi*”. The fact of having one at the place of the other in one or another word makes these people confuse and sometimes give a different meaning or a different message than what they wanted to give.

3.2 FACTORS FAVOURING MEANING DEVIATION IN BUKAVU SWAHILI

The deviation of meaning during communicative practices in Bukavu Swahili results from a mispronunciation of some words. Speakers of Bukavu Swahili are confronted to many difficulties that do not allow them to give exactly the message they pretended to convey. They have both the word and its sense in their minds but end up by giving a different word which carries a different meaning. They do it without being aware of what they have produced suffering from all the critics from their listeners.

Some of the speakers abusively take some of those words as being synonyms whereas they are neither antonyms nor hyponyms. It has been found out that age, origin, profession, and the level of education contribute much to this meaning deviation in Bukavu Swahili. Young people in Bukavu have their own manner of using words differently from old or aged people. They are candidate to many imitation or even different expressions that take place in their games or other activities they undertake.

However, other people, especially old, have difficulties to pronounce some words owing to the fact that some sounds appear difficult to them. Many sounds pronounced with much energy are weakened by that category of people so that they may be able to pronounce them. Sometimes palatalization is done by old people when post alveolar sounds like /tʃ/ and /dʒ/ are found in the words. In the word “*buchumba*” (engagement/courtship) is pronounced /bʊʔtʃʊmba/ but old people pronounce it as /bʊʃʊmba/. Also the word “*kijana*” (young) pronounced as /klʰdʒana/ but pronounced as /klʰjana/ by old people.

To carry out this study, a corpus of 35 words in pairs has been elaborated. All of these words are used in Swahili but have different meanings. Some can be from the same family but are related neither in spelling nor in meaning. For example, the word “*kanisa*” is badly pronounced by some people as “*kamisa*”. The problem in these two words resides on the replacement of the sound /n/ in “*kanisa*” by /m/ in “*kamisa*”. The latter words have each its meaning. “*kanisa*” means “church” while “*kamisa*” means “commissioner”. They belong to the same category but cannot be used one at the place of the other.

Let us look at the following sentences below:

(14) “*Iko na kanisa*” (He/she has a church)

(15) “*Iko na kamisa*” (He/she is with the commissioner)

From these sentences the words “*kanisa*” and “*kamisa*” are not the same. Though the structures of the sentences seem to be the same, there is a change even in meaning. In (14) “*Iko na kanisa*” can be translated literally as “*He is with church*”. Because “*Iko*” means “*He is*”. The better structure could be “*Ana kanisa*” or “*ana hekalu*” in standard Swahili to mean “*He/she has a church*”. In Bukavu Swahili, “*Iko na kanisa*” is literary translated as “*He has a church*”. This is the form and structure we are looking for because the determiner “*na*” modifies the verb “*kuwa*” (to be). “*Kuwa na*” means now “to have”.

Unlike (14), (15) gives a different meaning because “*na*” is not a determiner. It is a preposition meaning “with”. That is why the sentence (15) cannot be translated literally as “*He has a commissioner*”. But its correct translation is “*He is with the commissioner*”. The name of the commissioner does not have any importance in this sentence. The importance here is to see

how different the two sentences are though having the same structures. There can also be another difference with “*kanisa*” and “*kamisa*” which can be given in the following sentence:

- (16) *Iko mukanisa* (he/she is in the church) but not
 (17) * *Iko mukamisa* (he/she is in the commissioner).

People using the situation like in (17) do it but with a great ungrammaticality. Semantically speaking, if there can be an analysis of this sentence no message can be drawn because it will sound ambiguous. “Mu” in Swahili is a preposition showing location. It means “inside”. So a commissioner being a person, the preposition “mu” does not work with it. As said in the second point of this study there is no relationship between “mu” and “*kamisa*” in communicative practices.

In standard Swahili the preposition “mu” is replaced by “ni” when it changes its place. “Mu” is found in the initial position while “ni” is in the final position. For example with the word “*kanisa*” it can be said “*mukanisa*” or “*kanisani*” to mean the same thing (in the church). Unlike “*kanisa*”, the word “*kamisa*” can never accept any preposition to be placed at the end to give meaning. Also the replacement of the preposition “na” before the word “*kamisa*” gives a different meaning. If someone says “*na kamisa*” and another one says “*kwa kamisa*” they are not saying the same thing. When these two people are talking there is a divergence of ideas and communication cannot be correct. “na” stands for the preposition “with” whereas “kwa” stands for the preposition “at” showing location, direction and property. Then “*kwa kamisa*” can mean “at the commissioner’s”. To remove ambiguity and understand the meaning the utterance carries, the listener must rely on the context in which the utterance is used.

For example, the following sentences are used in different context to clarify it:

- (18) a. “*Iko kwa kamisa*” (He/she is at the commissioner’s)
 b. “*Apa ni kwa kamisa*” (Here is at the commissioner’s)
 c. “*Naenda kwa kamisa*” (I go to the commissioner’s).

The preposition “kwa” in 3a shows location while in 3b it shows possession and 3c it shows direction.

Thus, to understand this, the analysis is done thanks to the way different groups of people speaking Bukavu Swahili deviate word meanings. That is why we are going to look at different factors like *intentional factors* and *non intentional factors*, in order to help us understand why these speakers of Bukavu Swahili deviate.

3.2.1 INTENTIONAL FACTORS OR COMIC FACTORS

Some deviations of word meanings are based on the way comedians and humorists use words while addressing their audiences. They can use a word to mean a different thing given it a metaphoric appearance/ usage. The way other people are using the same word is not the same as that of comedians and other artists. For the people each word has a purposeful usage and must be selected to fulfil a precise goal. It has been noticed that the deviations observed in the comic factor, do not look like those done in other factors. For comedians this is done for different reason like: (1) *entertainment*, (2) *attracting the attention of listeners*, (3) *avoiding taboo words*, and (4) *hiding the exact message to those who are not informed*.

Let us look at the following sentences where different words are used. There are two meanings given. First, I give the comic structure of the sentence, second, the literal translation, third, the meaning that could be given or literary translation and fourth, the normal structure of the sentence. The normal structure expresses what the literary translation of the sentence is in order to show which word has been replaced by another in the comic structure. After the normal structure I will give the comic meaning of the sentence in order to understand what the message the speaker wants his listeners/ audience to get.

- (19) Comic structure: “*Ana matayo kabambi*”
Literal translation: “He/she has Mathew big”
Literary translation: “He/she has big Mathew”
Normal structure: “*Ana matako kabambi*”
Comic meaning: “He/she has big buttocks”
- (20) Comic structure: “*Nioneshe mboga yako*”
Literal translation: “Show me vegetable your”
Literary translation: “Show me your vegetable”
Normal structure: “*Nioneshe mbolo yako*”
Comic meaning: “Show me your penis”

- (21) *Comic structure*: "Usiniuwe masikini"
Literary translation: "Do not me kill poor"
Literary translation: "Do not kill me poor"
Normal structure: "Usiniuwe masikiyo"
Comic meaning: "Do not break my ears"
- (22) *Comic structure*: "Usiniponde mapuwa"
Literary translation: "Do not me crush nose"
Literary translation: "Do not crush my nose"
Normal structure: "Usiniponde mapumbu"
Comic meaning: "Do not crush my testicles"

As mentioned above, the comic factor does not give the exact meaning of the words in Bukavu Swahili. The meaning is got from the outside of the usage by the efforts of the audience. By looking at the different sentences given above, there can be a kind of metaphor used by the speakers since a word is used to mean a different thing to which it is not related.

By looking at the example number (19) "Ana matayo kabambi" it is difficult to understand it as "ana matako kabambi" as given in the normal structure by the fact that the words "matayo" and "matako" do not have any relation. The former is a name of a person while the latter is the name of the part of the human body. The big question from this could be to know why comedians in Bukavu use a word to give a different meaning while the same word has its own meaning. This gives us the opportunity to understand the comic usage factor from different angles: (1) *Avoiding talking taboo words in public* and (2) *Entertaining the audience*.

3.2.1.1 AVOIDING TABOO WORDS IN PUBLIC

Bantu languages have many taboo words according to Africans using those languages. They feel at ease when they use foreign languages to refer to what those words denote. Generally, some parts of the human body are taken as taboo words in Bantu languages and cannot be talked about anyhow, especially in public.

Comedians being called to address different categories of people during their performance, do all their best to avoid referring directly to those words. It is considered to be immoral if someone talks about these words without any shame in public. Words referring to "buttocks, penis, vagina, hairs, testicles, breasts, to fuck, to ejaculate, menstruation and spermatozoon, are difficult to use in public by many people in Bukavu, especially comedians. Thanks to this technique, comedians choose words that can be accessible to anyone without discovering what he or she is talking about.

The use of this technique helps comedians to keep their respect and esteem towards their audience and keep the sense of modesty. Then words like "Mathew, vegetables, monkey, forest, mountain, oil, socks, water, to pour water, month, mortar, pestle, to eat, etc are used to refer to taboo words in Swahili.

Let us understand the meanings of the sentences hereafter:

- (23) *Comic structure*: "Alipo mwanga maji akazimiya"
Literary translation: After pouring water he fainted.
Normal structure: "
Comic meaning: After having ejaculated he fainted.
- (24) *Comic structure*: "Alishaka kula huyu musika"
Literary translation: "He has already eaten this lady"
Normal structure: "Alishaka tomba huyu musika"
Comic meaning: "He has already fucked this lady"
- (25) *Comic structure*: "Anazoweya tombokeya kila musika"
Literary translation: "He always rebukes every lady"
Normal structure: "Anazoweya tomba kila musika"
Comic meaning: "He always fucks any lady".
- (26) *Comic structure*: "Iko na mutwangiyo ya munene"
Literary translation: "He has a big pestle"
Normal structure: Iko na mbolo ya munene
Comic meaning: "He has a big penis"

- (27) *Comic structure*: "Huyu musika ana kino nzuri"
Literary translation: "This lady has a nice mortar"
Normal structure: "Huyu musika ana kuma nzuri"
Comic meaning: "This lady has nice vagina"
- (28) *Comic structure*: "Alionesha kima yake"
Literary translation: "He/she has shown his/her monkey"
Normal structure: "Alionesha kuma yake"
Comic meaning: "She has shown her vagina"

To guess the comic meaning of a word in the comic factor is not easy. Sometimes the listener/ audience understands it from the same word used by the comedian. As it is shown in the sentences above, no where a word referring to "a part of human body" is clear in the comic structure. Even the literary translation does not give the meaning of the word before the comic meaning. The comic meaning interprets the message coded in the comic structure. Then, the exact message given by the speaker can be understood from the normal structure that reveals the word that the comedian did not want to talk about in public.

In (23) "*Kumwanga maji*" (to pour water) becomes "to ejaculate" as the comedian knows that saying to ejaculate in public can be harmful. Then he uses "*to pour water*" referring it to the act of ejaculating which looks like the action of pouring water. Water comes out of a container either to another or to the ground. A listener can understand that the speaker is talking about "ejaculation" through the context the story is given in. For example, the story can start by what is given in sentence (25) where the verb "*kutombokeya*" (to rebuke) has the meaning of "to fuck" to have a sequence like: "*Anazoweya toombokeya kila msichana. Chakushangaza alipo mwanga maji akazimiya*" (**He always fucks any lady. Amazingly, when he ejaculated he fainted**). Here, the listener can understand the meaning of "*kutombokeya*" and "*kumwanga maji*" through the context in which they are used.

It has been found out that some of the words considered "taboo words" in Swahili can be referred to by using different other well known words. This is found in example (24) and (25) where the verb "*kutomba*" (to fuck) is used as "*kukula*" (to eat) in (24) and "*kutombokeya*" (to rebuke) in (25). An observation is that in (25) the verb "*Kutombokeya*" can be good for the verb "*kutomba*" by the fact that there is a kind of affixation of different suffixes to the verb "*kutomba*". *Kutomba* and *kutombokeya* have the same root as it can be shown in ku-tomb-a and ku-tomb-ok-il-a. To affix the post radical "-ok-" and the pre-final "-il-" gives birth to the verb "*kutombokeya*" where both the two suffixes have morphological meanings.

In the morphology of Bantu languages the suffixes "-ok-" and "-il-" mean different things. The suffix "-ok-" which is morphologically known as "-ik-" is a *neuter suffix*, used for something that can adapt itself easily. Whereas the suffix "-il-" is an *applicative suffix* and means *to do something for*.

3.2.1.2 ENTERTAINING THE AUDIENCE

Comedians have as major purpose to entertain their audience. The choice of different words is done so that they may attract the attention of people listening to them. It is for this reason that many words are used but not for expressing their original meanings. In their choice of words "*uzinifu*" (indecenty) will be used for "*uzaifu*" (weakness), "*mikoyo*" (urine) for "*mikono*" (hands) and "*masikini*" (poor) for "*masikiyo*" (ears).

How can listener understand the meaning these words express? They simply look at their structures by relating them to other words they know. Let us look at the following sentences to understand it quite well:

- (29) *Comic structure*: "Nasikiya usinifu"
Literal translation: "I understand indecenty"
Literary translation: "I feel indecenty"
Normal structure: "Nasikiya uzaifu"
Comic meaning: "I feel weak".
- (30) *Comic structure*: "Usitiye mikoyo yako pale"
Literal translation: "Do not put urine your there"
Literary translation: "Do not put your urine there"
Normal structure: "Usitiye mikono yako pale"
Comic meaning: "Do not put your hands there"

- (31) *Comic structure*: "Usinipasule masikini"
Literal translation: "Do not me break poor"
Literary translation: "Do not break me poor"
Normal structure: "Usinipasule masikiyo"
Comic meaning: "Do not break my ears".

It is not easy to discover that the comic structure can mean what comic meaning is giving as message. In (30) to understand that "mikoyo" means "mikono" the listener can see that there is a kind of palatalization. The nasal /n/ has been replaced by the palatal sound /j/. Then, when comedians use these words, people hearing to them feel happy and feel attracted to what they are saying.

Thence, to guess the meaning expressed by the words given in the sentences above, there are important elements that the listener must look at:

- The listener must look at the word used by the comedian and see which word starts by the sounds the one the comedian uses starts with; like in u-zi-ni-fu and u-za-if-u there have been a change in vowels and the disappearance of the nasal sound /n/.

The same observation is made for other words used by comedians in Bukavu Swahili. In the word "mboga" (vegetables) it can be seen that the velar sound /g/ leaves its place to the lateral sound /l/ and the central vowel [a] leaves its place to the back vowel [o] to give the word "mbolo" (penis).

- The listener must be accustomed to the comic usage of the language. If a listener knows that a comedian has a specific purpose when he chooses words, he cannot look for the meaning of the word only in the one he uses. For example when the comedian says "naona kima" the comic meaning cannot be "I see a monkey" because "kima" for them has a specific meaning. Then the listener must understand that the comic meaning of "naona kima" (I see a monkey) is "I see a vagina" which is given in the normal structure as "Naona kuma". Then "kima" in the comic structure stands for "kuma" in the normal structure. Moreover, the meaning of a comic word must be understood from the normal structure in which the same word is used. It concerns mainly those words considered as taboos in Bukavu Swahili or in Bantu languages in general. The use of "Naona kima" (I see a monkey) instead of "Naona kuma" (I see a vagina) expresses directly the avoidance of taboo words in their speeches.

Nowadays all the words used by comedians to avoid taboo words in Bukavu Swahili have entered the colloquial usage of Bukavu Swahili. Many people start doing the same while talking without any fear or shame. The areas of students in Bukavu, universities and colleges, to talk about "penis" the word "tree" is many used. But the structure "kupiga muti" (to beat a tree) means in student meaning (to fuck).

From such a usage the following sentence can be heard:

- (32) *Student structure*: "Nilipiga muti"
Literal translation: "I am beat a tree"
Literary translation: "I have beaten/ cooked a tree."
Normal structure: "Nilitomba"
Student meaning: "I have fucked).

It is worth understanding that the comic usage of some words in Bukavu Swahili has been a good process that helps many people avoid the use of taboo words in public. This use becomes for them as the same as using foreign languages. But also it becomes a way of hiding the message to those who do not belong to their group. As comedians have got their ways of using different words, students have theirs, drivers theirs, traders theirs, nurses theirs, football players theirs, and even children from the street have they way of using words saving as their codes.

3.2.2 NON INTENTIONAL FACTORS

It has been noticed that there are mispronunciations of words in Bukavu Swahili done unconsciously. The speaker does not know that he/she has mispronounced it in a bad way. Through this sub section we have developed different other sub factors like "deviation related to the origin of the speaker and deviation related to words confusing through imitation".

3.2.2.1 DEVIATION RELATED TO THE ORIGIN OF THE SPEAKERS

A large number of speakers of Bukavu Swahili are bilingual or multilingual. This fact leads many speakers to have difficulties to produce some sounds making up different words. According to Victoria F, et al (2003: 381) errors made by speakers of a foreign language are made in phonology. When the latter fail to pronounce some sounds found in a foreign language which do not exist in their L1, they transfer to L2 what they have in their L1. It is in the same situation that some Swahili words in Bukavu are transformed leading to a deviation of meaning.

So, the origin of people living in Bukavu and using Bukavu Swahili is one of the causes favouring deviation of meaning. For example a Fuliru speaker of Bukavu Swahili will fail to say “*Kalanga*” (groundnut), in Swahili, because in their language “groundnut” is called “*karanga*”. Therefore, the mfuliru use of “*karanga*” instead of “*kalanga*” does not express a meaning deviation by the fact that they both have the same meaning. In this section we are going to examine speakers of Bukavu Swahili from two regions, mainly people from North Kivu and Ituri in DRC and people from Rwanda and Burundi whose mispronunciation of a word leads to the meaning of another word in Bukavu Swahili.

3.2.2.1.1 DIFFICULTIES IN THE USE OF /L/ AND /R/ SOUNDS.

The sounds /l/ and /r/ have become the greatest challenge Rwandan speakers of Bukavu Swahili have. During their talk, they transform the word they are referring to leading to the meaning of a different word. For example, the use of the word “*karama*” instead of “*kalama*” gives a different message.

Let us look at the following sentence:

- (33) *Rwandan structure*: Anaandikisha karamu nyekundu
Literal translation: He/she writes with ceremony red.
Literary translation: He/she writes with a red ceremony
Normal structure: Anaandikisha kalamu nyekundu
Rwandan meaning: He/she writes with a red pen

As it can be noticed in the sentence above, there is no sense, following the literary translation of the Rwandan structure. A “red ceremony” does not have any sense for the interlocutors. This can be explained by the fact that “red” in here cannot modify the noun “ceremony”. The normal structure, then, shows that the Rwandan speaker wanted to say “a red pen” rather than “red ceremony”. This is why it can be said that as the speaker wanted to say “pen” there have been the deviation of sense by using the noun “ceremony”.

The same situation is found in the sentence below where the word “*kugunru*” is used instead of “*kungulu*”.

- (34) *Rwandan structure*: “Ana kunguru ya maji”
Literary translation: “He/she has a parrot of water”
Normal structure: “Ana kungulu ya maji”
Rwandan meaning: “He/she has a tank of water”.

But there can be a confusion if the speakers the same quantifier after “*kunguru*” and “*kungulu*”. The listener cannot know what the speaker says if “*Ana kunguru moja*” (He/she has one parrot) or “*Ana kungulu moja*” (He/she has one tank) are used. The same if a Rwandan speaker asks questions like: “*Kungulu yako iko wapi?*” (Where is your tank) and “*Kunguru yako iko wapi?*” (Where is your parrot?).

From this, the listener runs a risk of giving an answer to the question the speaker does not ask. Suppose that the speaker wants to know where the “tank” is but asks “*kunguru iko wapi?*” (Where is the parrot), the listener runs a risk of saying “*Iko kumuti*” (it is up the tree). Thus, communication here becomes difficult because there have been a deviation of word meaning.

Look at the following sentence:

- (35) “*Imayi inapola*” (This water is cold)
 (36) “*Imayi inapora*” * (This water has pillaged)

The verb “*kupola*” (to be cold) and “*kupora*” (to pillage) are not the same. But during communicative practices there have been a greatest problem of differentiating them by Rwandan speakers of Bukavu Swahili.

It has been noticed that Rwandan people take the sounds /l/ and /r/ as being allophones of the same phoneme. Victoria F., et al. (2003: 291) attest that such sounds can never be allophones of the same phoneme by the fact that one cannot replace another without changing the meaning of the word. In “*kupola*” and “*kupora*” the sounds /l/ and /r/ are not in complementary

distribution by the fact that they both occur in post final position and before the final vowel “a” (Victoria F., et al (2003). That is why it can be confirmed, as said by Victoria et al (2003) that they are two different words and not be used interchangeably.

It can be noticed that Burundian speakers of Bukavu Swahili have the same problems in the use of the sounds /l/ and /r/ during their communication. The same way Rwandans interchange these sounds during their use of Bukavu Swahili, is seen on the part of Burundians.

- e.g. *Anakula* (He/she eats)
Anakura (He/she has a draw).

3.2.2.1.2 DIFFICULTIES TO PRONOUNCE NASAL SOUNDS

Unlike Rwandan speakers of Bukavu Swahili, there is another category of people that has difficulties to pronounce nasal sounds. Some words in Bukavu Swahili attest nasal sounds and create communicative problems for these speakers by deviating the meaning from one word to another. Hence, people from the bunande area in the North Kivu province and other from Ituri, are victims of these difficulties.

It has been observed that their languages do not allow them to pay much attention to some nasal sounds /m/, /n/ and /ŋ/ while used before some stop sounds like /b/, /p/ /g/, etc. and before some fricative sounds like /z/ etc. in Swahili words. From these difficulties, listeners of these speakers can get confused while listening to them. Let us look at different examples:

- (37) a) *Ana mimba* (She has pregnancy)
 b) *Ana miba* (He/she has pines)
- (38) a) *Ana funza* (He trains)
 b) *Ana fuza* (He farts)
- (39) a) *Ana pinga mzazi wake* (He/she opposes his/her parent)
 b) *Ana piga mzazi wake* (He/she beats his/her parent)
- (40) a) *Wame imba* (They have sang)
 b) *Wame iba* (They have stolen)
- (41) a) *Mtoto anaunguwa* (The child is burnt)
 b) *Mtoto anauguwa* (The child is suffering)

All the sentences given above are meaningful. The problem is that they give different messages. It has been observed that though these speakers of Bukavu Swahili can take “*mimba*” and “*miba*” as the same, they are not. The removal of the sound /m/ from the noun “*mimba*” creates a deviation in meaning by giving the noun “*miba*” the sense of “*mimba*”. So, instead of saying “*mimba*” (pregnancy) a munande or someone from Ituri will say “*miba*” (pines) which do not relate. The same is noticed with other sentences. For example in (26) the verbs “*kupinga*” and “*kupiga*” creates a confusing message when the speaker uses “*kupiga*” instead of “*kupinga*”.

By saying “*tuwapige woto*” for a speaker of Bukavu Swahili from Ituri, it does not mean necessarily “*let us beat them all*”. Maybe he could say “*towapinge wote*” to mean “*let us oppose all of them*” but by failing to say “*towapinge*” he removes the nasal sound /ŋ/.

3.2.2.2 DEVIATION RELATED TO WORD CONFUSING THROUGH IMITATION

Language is learned through imitative processes. When a non speaker of a language has sufficient time to repeat what native speakers of the same language pronounce and how they pronounce it, can lead to a perfect mastery of that language. Charles H., (1970) says that there is a prestige motive causing a speaker of a language to use different words from a given language or borrow them to the language they speak. He also thinks of a need filling motive as being another cause of using words from a given language.

By the fact that standard Swahili is taken as a prestigious language in Bukavu, many people want to identify themselves as being different from others. It is this objective that causes the deviation of word meaning during their communication because they want to do what they are not accustomed to. During my investigation, I found out that many speakers of Bukavu Swahili fail to make a difference between words like “*kamusi*” (dictionary) and “*mukamusi*” (wooden spoon), “*afisa*” (officer) and “*afya*” (health), “*ugali*” (pasta) and “*ukali*” (nastiness), “*mapasha*” (twins) and “*mapashwa*” (rights), “*kufa*” (to die) and “*kufaa*”

(to deserve), “*asira*” (fury) and “*asara*” (sadness), “*mtu*” (person) and “*mti*” (a tree), “*kampeni*” (campaign) and “*kampuni*” (enterprise).

The sentences above can give a different between these pairs:

- (42) Speaker’s structure: “*Anasome mukamusi*”
Literary translation: “He reads wooden spoon”
Normal structure: “*Anasoma kamusi*”
Speaker’s meaning: “He reads a dictionary”
- (43) Speaker’s structure: “*Anasonga ukali*”
Literary translation: “He/she mixes nastiness”
Normal structure: “*Anasonga ugali*”
Speaker’s meaning: “He/she mixes pasta”.
- (44) Speaker’s structure: “*Alizala mapashwa*”
Literary translation: “She has borne rights”
Normal structure: “*Alizala mapacha*”
Speaker’s meaning: “She has borne twins”.
- (45) Speaker’s structure: “*Mutu anayefa*”
Literary translation: “A person who is dead”.
Normal structure: “*Mtu anayefaa*”
Speaker’s meaning: “A person who deserves”.
- (46) Speaker’s structure: “*Mti uyu anatumika sana*”
Literary translation: “This tree works hard”
Normal structure: “*Mtu uyu anatumika sana*”
Speaker’s meaning: “This person works hard”
- (47) Speaker structure: “*Anaunda kampeni*”
Literary translation: “He/she has created a campaign”
Normal structure: “*Anaunda kampuni*”
Speaker’s meaning: “He/she has created a company/enterprise)

All the sentences given above show clearly how there is a difference between words used by speakers of Bukavu Swahili when they want to imitate standard Swahili. In the sentence (43), the speaker confuses “*ugali*” and “*ukali*”. The problem here resides on the phonological situation of /g/ and /k/. Both of them are velar sounds but one is voiced /g/ while the other is voiceless /k/. However, owing to the fact that in Swahili they say “*Bugali*” and “*Bukali*”, the speaker makes confusion while removing the sound /b/ from both the two words.

In (45) the speaker changes the duration in the pronunciation of the vowel [a]. In the structure of the speaker “*anayefa*” (who is dead) does not mean “*anayefaa*” (who deserves) in the normal structure. It is from the meaning of the whole sentence that the deviation of some word meanings is understood. In Bukavu Swahili they say “*Mutu wa maana*” (A person who deserves) in their daily communicative practices.

4 CONCLUSION

To understand the message conveyed by an utterance, a phrase or a sentence produced by a speaker or a writer, the listener or reader must make sure that every word is used correctly. Some of the problems that have been identified during communicative practices are related to the fact of using words abusively. When a word is badly used necessarily opposite meaning is understood by the listener. During this investigation, it has been found out that many speakers of Bukavu Swahili end up by giving a meaning which is contrary to what they wanted to say. It is in this perspective that a normal usage of different words in Bukavu Swahili does not corroborate with that of comedians who choose words for different purposes.

Our major concern is that many people in Bukavu have taken that way of speaking as another means of communication. For example, young people, especially, imitate comedians by communicating in a way that only people accustomed to it can understand what they mean. Another observation is that, taking into account the deviation relating to origin, people in Bukavu use it as means of criticism and mockery. To say “*kiporo*” instead of “*kipolo*” in a group, they want to laugh at a Rwandan or a Burundian maybe or to all of them. It is the same case when in auditoriums students from a given region like Butembo or Ituri, where speakers have problems to pronounce nasal sounds like /m/, /n/ or /ŋ/, have their utterances repeated by others. By

saying “*una fuza visuri*” (you fart well) there can be a kind of mockery if the utterance was uttered by someone who is not from those regions. Maybe the meaning the speaker wanted to give is “*Una funza visuri*” to mean (you teach well) but destroyed in order to mock the one or ones who usually use the former sentence.

Finally, a listener of comedians or people from Rwanda, Burundi, Butembo or Ituri must understand the meaning not from the words used by the speakers but relating them to a context so that he may guess the meaning. So, “*uzinifu*” by a comedian will no longer mean “indecent” in normal communication but rather “*uzaifu*” (weakness). Having not finished all the aspects related to the subject, we invite other researchers to continue working on it in a different way in order to help readers have more information relating to the deviation of word meaning in Bukavu Swahili.

REFERENCES

- [1] Anna, W. 1997. *Understanding Cultures Through Their Key Words*, Oxford: Oxford University Press.
- [2] Ashton, E. 1968. *Swahili Grammar*. London, Longmans.
- [3] Brain, J. L. 1977, *Basic Structure of Swahili*. N. Y. Syracuse University Eastern African Studies Program.
- [4] Charles F. M. 2009. *Introducing English Linguistics*, Cambridge: Cambridge University Press.
- [5] Charles W. K.. 2002. *Introducing English semantics*, New York: the Taylor & Francis e-Library.
- [6] Christopher, S. B., et al. 2005. *The Dynamics of Language Use*, Santiago de Compostela: John Benjamins B.V.
- [7] Dirk, G. 2010. *Theories of Lexical Semantics*, Oxford: Oxford University Press.
- [8] Goyvaerts, D. 2007. Bukavu Swahili: Tense, Aspect and Blurry History. Brussels, *Journal of Asian and African Studies* 74: 5-33.
- [9] Goyvaerts, D. 1988. Indoubil: a Swahili hybrid in Bukavu, *Language and Society* 17: 231-242.
- [10] Kibalele: form and function of a secret language in Bukavu, *Journal of Pragmatics* 25:123-143.
- [11] Goyvaerts, D. et al. 1983. Language and education policy in the multilingual city of Bukavu, *Jn. of Multilingual and Multicultural Development* 4:47-62.
- [12] Margarita G. R. 2012. *Basic Semantics*, Madrid: Universidad Nacional de Education a Distancia.
- [13] Nick R. 2010. *Introducing semantics*, Cambridge: Cambridge University Press.
- [14] Patrick G. 2006. *An Introduction to English Semantics and Pragmatics*, Edinburgh: Edinburgh University Press Ltd.
- [15] Smith N. 2002. *Chomsky ideas and ideals*, 2nd ed., Cambridge: Cambridge University Press.
- [16] James R. H., et al. 2007. *Semantics, a course book*, 2nd ed., Cambridge: Cambridge University Press.
- [17] Longman, A. 1965, *Swahili grammar and Syntax*, Pittsburg, Duquesne University Press.
- [18] Victoria F. 2003. *An Introduction to language*; 7th ed., Boston: Wadsworth.
- [19] Wilt, T. 1988. *Bukavu Swahili: a sociolinguistic study of language change*. Michigan State University Ph. D. Dissertation.

Analyse des contraintes de l'élevage des caprins en territoire de Kalehe: Cas du groupement de Kalonge

[Analysis of the constraints of the breeding of caprine in Kalehe territory: Case of the Kalonge groupment]

Fitina Toto Willy, Ruhanamirindi Bisusa, and Buhendwa Wa Rumonz

ISTD-Mulungu, Sud-Kivu, RD Congo

Copyright © 2021 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: Grouping KALONGE is an entity with agro-pastoral vocation, one practices there the breeding of bovines, caprine, sheep, pigs, rabbits, hens....

The results of research carried out determine that the stockbreeders have problems whose non maitrise modern techniques of the control of the breeding slows down its evolution.

To equip the stockbreeders by formations on modern techniques there would allow leading their breeding well.

KEYWORDS: Analyze, constraint, breeding, caprine.

RESUME: Le groupement KALONGE est une entité à vocation agro-pastorale, on y pratique l'élevage de bovins, caprins, ovins, porcs, lapins, poules....

Les résultats de la recherche effectuée déterminent que les éleveurs connaissent des difficultés dont la non maitrise des techniques modernes de la conduite de l'élevage freine son évolution.

Outiller les éleveurs par des formations sur des techniques modernes leurs permettrai de bien conduire leur élevage.

MOTS-CLEFS: Analyse, contrainte, élevage, caprins.

1 INTRODUCTION

L'homme se nourrit des produits des animaux depuis les temps de son histoire seules la chasse et la pêche constituaient un moyen d'accès aux animaux dans leurs fiefs naturels que sont la forêt et l'eau. Les animaux sauvages étant très mobiles, le commun de mortel éprouve d'énormes difficultés pour leur capture en cas de besoin immédiat d'où la domestication des animaux par celui-ci en suivant les étapes suivantes:

- La captivité
- L'approvisionnement
- La domestication proprement-dite

Ainsi, les espèces animales sauvages donnèrent différentes espèces animal domestique et constituèrent les différentes origines de ces derniers.

Dès lors le terme « animaux domestiques » parmi lesquels les caprins entre dans la mentalité de l'homme. (*Jean Pierre B. 1992*)

Avec l'évolution de la science de la technique et de la technologie, le terme domestication des animaux qui change en « élevage des animaux » qui est un terme lié à la rentabilité et concerne l'application des techniques conduisant à des faits économiques. Dans certains pays non avancés du monde, l'élevage des caprins est considéré comme une simple activité de prestige et de contemplation. (**MASUNGA M 2008**).

En République Démocratique du Congo comme dans d'autres pays du monde, l'élevage s'organise et est bien respecté car il est la source ou l'origine des protéines animales.

L'élevage produit la viande et le lait qui sont les aliments bien équilibrés contenant les 4 nutriments essentiels notamment:

- Les protéines
- Les vitamines
- Les lipides et
- Les glucides (**PACIFIQUE B. 2010**)

Les provinces du Nord-Kivu et du Sud-Kivu étaient deux régions qui s'occupaient beaucoup de l'élevage de gros et petit bétail.

En territoire de KALEHE et particulièrement à KALONGE on pratiquait un élevage de petit bétail (chèvre, mouton et porc).

Des guerres consécutives dites de « libération » dans tous les coins de la RDC ont fait disparaître l'élevage partout et surtout dans les deux provinces citées ci-haut soit suite au pillage systématique organisé par les groupes armés.

Ce pillage de petits bétails dans la chefferie de BUHAVU en général et en particulier dans le groupement de KALONGE avait entraîné la sous-alimentation protéino-calorique et la pauvreté liée à la sous production des produits d'origine animal et particulièrement la chèvre et a engendré comme conséquence la mal nutrition.

Les tissus socio-économiques du groupement de KALONGE furent détruits par le mai mai, les groupes armés étrangères notamment: les milices Interahamwe (FDLR) au côté desquels certains éléments de l'armée régulière n'ont manqué de baigner dans l'étang de ces malfrats. Cette population dont une moitié de l'économie reposait sur l'élevage et l'agriculture s'est vu forcément handicapé dans ces activités à cause de l'insécurité persistante.

L'explication des ressources animales est susceptible de contribuer au développement de l'économie nationale au bien-être de la population. En zone tropicale, l'effort à poursuivre dans ce sens est d'autant plus nécessaire que les activités pastorales occupent d'une façon générale une place prépondérante dans l'économie des états et le degré d'intérêt qui s'attache à l'élevage apparaît aussi grand dans les régions où il représente une partie essentielle du produit intérieur brut que celle où l'agriculture souffre profondément de son absence.

Qu'il s'agisse d'assurer une mise en valeur rationnelle de sols (apport du fumier de la ferme) de fournir à l'agriculture un complément de revenu ou d'amender le sol et de porter remède à la mal nutrition, il est partout important facteur d'équilibre et de progrès, c'est pourquoi sa protection, son extension et son amélioration viennent s'inscrire au premier rang de préoccupation de gouvernant plus spécialement dans les pays en voie de développement (**PAGOT, 1977**).

Cet élevage pratiqué par la minorité de la population de la zone de KALEHE et le groupement de KALONGE semble être ignoré « élever sans faire le suivi » or la productivité de cet élevage semble ne pas répondre à la demande de la population en matière alimentaire alors que ceux qui le pratiquent sont supposés contribuer à améliorer la sécurité alimentaire.

Partant de la problématique ci-haut évoquée, quelques questions méritent d'être posées:

- Quels sont les problèmes qui freinent l'élevage des caprins à KALONGE ?
- Quel serait l'impact socio-économique de l'élevage des caprins dans le groupement de KALONGE ?
- Que faut-il faire pour résoudre les problèmes conduisant à la pauvreté des éleveurs des caprins à KALONGE ?

En égard de la problématique posée, nous avons émis les hypothèses suivantes:

- Les problèmes liés à l'élevage des caprins à KALONGE seraient dits à la non application des techniques modernes d'élevage, l'insuffisance des connaissances techniques de la part des éleveurs, l'insuffisance ou absence des structures sanitaires vétérinaires, les conflits récurrents entre éleveurs et agriculteurs, manque ou insuffisance pâturages.
- La conception d'un projet sur la sensibilisation et la formation des éleveurs de KALONGE sur les méthodes modernes d'élevage des caprins permettraient de faire un suivi convenable de cet élevage et l'améliorer.

L'élevage des caprins dans les conditions actuelles à KALONGE contribueraient peu soit-il dans certaines mesures sur le plan socio-économique en intervenant dans les cérémonies de mariage, à la scolarité des enfants, soins médicaux et achat des intrants agricoles et parfois la viande.

2 MILIEU

2.1 ORIGINE ET HISTORIQUE

Le groupement de Kalonge a été créé en 1928 par les pygmées qui étaient à la chasse des animaux sauvages et en provenance de KABARE.

Ce groupement est l'un de Sept groupement de la chefferie de Buhavu, territoire de KALEHE, province du Sud-Kivu, République Démocratique du Congo.

Il est dirigé par un chef qu'on appelle « MWAMI » NAKALONGE CHARHANGABO JEFF.

2.2 SITUATION GÉOGRAPHIQUE

Le groupement de Kalonge est une entité administrative située dans la collectivité Chefferie de Buhavu, Chefferie de KALEHE, province du Sud-Kivu.

Kalonge est une vaste région dans peu près 75 Km² penchée sur une attitude moyenne de plus de 2 000m.

Kalonge est environné par le parc national de Kahuzi-Biega.

Il est limité:

- Au Nord par la Chefferie de Buloho et le groupement KALINA;
- Au Sud par la Chefferie de Nindja à KABARE;
- A l'Est par KABARE NGWESHE;
- A l'Ouest par la Chefferie BAKISI en territoire de SHABUNDA.

3 RESULTATS

3.1 METHODES

René DECARTES entend par méthode un ensemble de procédés et des règles utilisées dans certain ordre pour atteindre la vérité (**petit la Rousse 2007**).

Ainsi la méthode descriptive a été exploitée pour la réalisation de ce travail.

Elle nous a aidées dans la description sous toutes ses formes de tous les lieux de causalité pour l'appréhension de toutes les dimensions de la situation entre les couches géographiques du groupement de KALONGE.

3.2 POPULATION

Pour notre part, la population d'étude est un groupe d'individus d'objet se faisant l'objet d'étude ou d'une investigation.

Dans le cadre de cette recherche, notre population d'étude est constituée des éleveurs, agriculteurs du groupement de Kalonge territoire de KALEHE bénéficiaires directement ou indirectement des apports de l'élevage des caprins.

3.3 ECHANTILLON DU TRAVAIL

Dans le cadre de ce travail, nous avons utilisé la technique de l'échantillonnage occasionnel. Nous nous sommes servis de cette technique pour récolter les données de notre travail étant donné qu'il nous a été difficile d'atteindre toute notre population d'étude qui était indéfinie.

En tenant compte des individus disponibles à donner les informations valables sur notre projet bien déterminé.

Ainsi, cet échantillon se fait voir dans le tableau ci-dessous:

Tableau 1. Répartition faite par la localité

N°	LOCALITE	NOMBRE D'ELEVEURS
1	RAMBO	10
2	CIFUNZI	10
3	CHAMINUNU	10
4	MULE	10
5	FENDULA	10
6	CIBINDA	10
	TOTAL	60

Commentaire: Ce tableau montre le nombre des enquêtes. Nous signalons ce qui suit:

- L'enquête était orientée chez les éleveurs des caprins;
- Est considéré comme éleveur toute personne ayant 5 ans et plus dans les activités d'élevage des chèvres et qui a 3 chèvres et plus dans son exploitation.

3.4 DEPOUILLEMENT ET TRAITEMENT DES DONNEES

Nous avons recouru à la distribution des fréquences aux différentes réponses des questions.

L'utilisation des techniques de pourcentage nous a permis de qualifier nos résultats.

La formule pour calculer le pourcentage utilisée est la suivante:

$$P = \frac{FX100}{N}$$

P: Pourcentage

N: Effectif total

F: Fréquence absolue (*FITINA T 2018*).

3.5 LES MATERIELS

Pour compiler nos données, nous avons utilisés les matériels suivants:

- Stylo
- Papiers
- Ordinateurs
- Machine calculatrice
- Crayon.

Le MS Excel nous a permis de trouver nos données. Les matériels biologiques de notre travail étaient constitués des chèvres de différentes races et catégories rencontrées dans les chèvreries de Kalonge.

Nous allons présenter, analyser et interpréter les résultats obtenus de notre enquête, la présentation consiste à considérer les informations recueillies autour de chaque thème en dépouillant chaque question et les données sont présentées dans le tableau:

Tableau 2. Ancienneté dans conduite de l'élevage de chèvres à Kalonge

OPINIONS	REACTION	%
Moins de 2 ans	1	1,5
2 à 5 ans	14	23,3
5 à 10 ans	20	33,3
10 à 20 ans	7	11,6
20 ans et plus	18	30
TOTAL	60	100

Source: Nos investigations.

De ce tableau N° 2, il ressort que 33,3% des éleveurs ont 5 à 10 ans dans les activités d'élevage des chèvres, 30% 20 ans et plus, 23,3 2 à 5 ans, 11,6% 10 à 20 ans et 1,6% des éleveurs ont au mois de 2 ans.

Nous constatons que le plus grand nombre des éleveurs a l'expérience de 5 à 10 ans dans la conduite des activités de l'élevage des caprins (chèvres). Il est donc paisible de retenir que même si l'élevage des chèvres semble être ancien, cependant, c'est au cours de cette décennie qu'il prend de l'ampleur à Kalonge étant donné les multiples avantages qu'il offre aux éleveurs.

Tableau 3. Taille des exploitations caprines

OPINIONS	REACTION	%
1 à 2 chèvres	13	21,6
3 à 5 chèvres	34	56,6
5 à 10 chèvres	10	16,6
10 chèvres et plus	3	5
TOTAL	60	100

Sources: No investigations sur terrain.

En rapport avec les résultats obtenus, il ressort de ce tableau N°8 que 56,6% des éleveurs ont 3 à 5 chèvres, 21,6%, 1 à 10 chèvres, 16,6% 5 à 10 chèvres et 5% 10 chèvres et plus. Nous avons constaté que la majorité éleveurs des chèvres a 3 à 5 chèvres.

Ce chiffre nous amène à croire qu'il est important de soutenir les éleveurs de chiffres à Kalonge en les apprenants les techniques nouvelles qui leur permettrait de croître les effectifs des chèvres dans leurs exploitations.

Tableau 4. Races des Caprins éleveurs à Kalonge

OPINIONS	REACTION	%
Locale	60	100
Améliorée	00	00
Croisées	00	00
TOTAL	60	100

Source: Nos investigations

De ce tableau N°4 constatons que 100% de nos enquêtés élèvent la race locale. Ce qui explique une faible production de cette espèce bien que les races locales semblent être bien adaptées aux conditions locales, le groupement de Kalonge aurait besoin des ressources génétiques améliorées pour espérer un jour obtenir une production maximale des chèvres (viande, lait et laine).

Tableau 5. Origine des géniteurs utilisés dans l'élevage des chèvres

OPINIONS	REACTION	%
Au marché	48	80
Autres éleveurs	09	15
Soi-même	03	5
Importation	00	00
ONG	00	00
Autres à Préciser	00	00
TOTAL	60	100

Source: Nos investigations sur terrain.

Ce tableau N°5. Nous montre que 80% des éleveurs tirent les géniteurs au marché, 15% auprès d'autres éleveurs; par contre 3% des éleveurs produisent elle-même les géniteurs.

Nous constatons que la majorité des géniteurs utilisés dans l'élevage à Kalonge sont tirés au marché. Ce qui présente un danger énorme pour les éleveurs au marché parce que la majorité des animaux amenés au marché sont éligibles à la réforme ou parfois présentent certains défauts.

Tableau 6. Système d'Elevage pratique à Kalonge

OPINIONS	REACTION	%
Attache au piquet	34	56,6
Divagation	06	10
Gardiennage	20	33,3
Stabulation	00	00
Autres à Préciser	00	00
TOTAL	60	100

Source: Nos investigations sur terrain.

Il ressort de ce tableau N°6. que 56,6% des nos enquêtes pratiquent le système d'élevage d'attaches aux piquets, par contre 3,3% pratiquent le système de gardiennage et 10% la divagation. Nous constatons que la plus part des éleveurs à Kalonge pratiquent le système d'élevage aux piquets.

Cette situation est justifiée par le fait que Kalonge est un groupement agro-pastoral où beaucoup d'éleveurs sont aussi agriculteurs, pour limiter les conflits; ils préfèrent l'attache aux piquets.

Tableau 7. Age moyenne de la reproduction des chèvres à Kalonge

OPINIONS	REACTION	%
8 à 10 mois	19	31,6
1 an	31	51,6
1,5ans à 2 ans	4	6,6
2 ans et plus	6	10
TOTAL	60	100

Source: Nos investigations sur terrain.

De ce tableau, il ressort que 51,6 d'éleveurs soumettent les chèvres à la production à l'âge d'un an (1an); par contre 31,6 entre 8 et 10 mois, 10% 1,5 ans à 2 ans et 6,6 soumettent leurs chèvres à la reproduction à l'âge de 2 ans et plus. De ce résultat, il découle que la chèvre localement élevée à Kalonge présente les mêmes caractéristiques de la reproduction que nombreuses races Africaines.

Tableau 8. Base de l'alimentation des chèvres à Kalonge

OPINIONS	REACTION	%
Pâturage naturel	59	98,3
Concentré et autres ordures	00	00
Alimentation préparée	1	1,6
Autres à préciser	00	00
TOTAL	60	100

Source: Nos investigations sur terrain.

Il ressort de ce tableau que 98,3% des éleveurs des caprins à Kalonge ont comme base d'alimentation, le pâturage naturel; par contre 1,6% des éleveurs utilisent les aliments préparés pour l'alimentation des bêtes.

Tableau 9. Santé des chèvres à Kalonge

OPINIONS	REACTION	%
Oui	55	91,6
Non	5	8,3
TOTAL	60	100

Source: Nos investigations sur terrain.

Nous constatons dans ce tableau que 91,6% ont affirmé que leurs chèvres tombent malade; par contre 8,3% ont dit que leurs chèvres ne tombent pas malade. Résultat confirme le comportement sanitaire des chèvres qui préfèrent plus un climat tropical sec qu'un climat trop humide avec plus de risque possible des maladies parasitaires, internes et externes.

Tableau 10. Les maladies qui attaquent les animaux à Kalonge

OPINIONS	REACTION	%
Vermínose	46	76,6
Maladies Parasitaires	2	3,3
Maladies infectieuses	7	11,6
Autres à préciser	1	1,6
TOTAL	60	100

Source: Nos investigations sur terrain.

Il est remarquable dans ce tableau N°10 que 76,6% des éleveurs (enquêtés) ont confirmés que les chèvres tombent malade de la verminose, 11,6% des maladies infectieuses; par contre 3,3% les maladies parasitaires et sanguines et 1,6% ont dit que leurs chèvres souffrent souvent d'autres maladies « Les patients ». Cette situation est justifiée par un système d'élevage médiocre, une alimentation fondée sur les pâturages naturels en majorité localisés dans les vallées où l'abreuvement est assuré par les drains mal drainés.

Tableau 11. Logement des chèvres à Kalonge

OPINIONS	REACTION	%
Oui	25	41,6
Non	35	58,3
TOTAL	60	100

Source: Nos investigations sur terrain.

Il ressort de ce tableau que 58,3% de nos enquêtés n'ont pas des logements;

Par contre 41,6% ont les logements pour leurs chèvres.

Nous constatons dans ce tableau que la majorité des éleveurs à Kalonge passent la nuit dans les mêmes maisons que les animaux.

Le manque de sensibilisation sur les conditions d'hébergement des animaux et ses avantages semblent être la raison majeure de non construction des chèvres à Kalonge pourtant nécessaires pour prévenir les zoonoses.

Tableau 12. Mesures préventives utilisées dans l'élevage

OPINIONS	REACTION	%
Vermifigeage	44	73,3
Vaccination	7	11,6
Isolement des malades	00	00
Usage des antibiotiques dans la ration	00	00
Autres à préciser	9	15
TOTAL	60	100

Source: Nos investigations sur terrain.

Nous constatons dans ce tableau que 73,3% des enquêtés utilisent les Vermifigeage comme moyen préventifs, 11,6% utilisent la vaccination et 15% utilisent d'autres moyens comme les produits phytosanitaires. Ex: Titonia

Il ressort de ce tableau que la majorité de ces éleveurs utilisent les Vermifigeage pour la prévention, 11,6% utilisent la vaccination et 15% utilisent d'autres moyens comme produits phytosanitaire. Ex: titonia.

Il ressort de ce tableau que la majorité des éleveurs utilisent le vermifigeage pour la prévention.

Tableau 13. Les problèmes qui freinent l'élevage des chèvres à Kalonge

OPINIONS	REACTIONS	%
Maladies	25	41,6
Difficulté d'alimentation	10	16,6
Les intoxications	02	3,3
Accidents	0	0
Vole et pillage	22	36,6
Autre à préciser	1	1,6
Total	60	100

Source: nos investigations sur terrain.

Le tableau n°13 ci-haut montre que 48,3% des enquêtés trouvent comme problème dans leurs élevages les maladies, 36,6% les pillages et voles, 16,6% les difficultés d'alimentations, 3,3% les intoxications et 1,6% d'autres problème comme l'insuffisance des races améliorées des chèvres, les maladies restent un problème grave suite à l'insuffisance des produits vétérinaires.

Tableau 14. Causes à la base de la disparition des chèvres à Kalonge

OPINIONS	REACTIONS	%
Maladies	26	43,3
Vole et pillage	29	48,3
Les intoxications	02	3,3
Accidents	0	0
Autre à préciser	03	05
Total	60	100

Source: nos investigations sur terrain

Le tableau n°14 ci-haut montre que 48,3% des enquêtés ont dit qu'ils ont comme base de la disparition des chèvres le vole et pillage, 43,3% les maladies, 3,3% les intoxications et 5% ont dit qu'il y a d'autres facteurs comme l'insuffisance des espaces pour l'alimentation des chèvres, cette situation prouve à suffisance que ce maintenant que les éleveurs sont entrés de relancer l'élevage des chèvres après le pillage des chèvres après le pillage et vol subit de la part des groupes armés qui ont semés désolation à Kalonge.

Tableau 15. Difficultés dans la conduite de l'élevage des caprins à Kalonge

OPINIONS	REACTIONS	%
Insuffisance des médicaments	21	35
Insuffisances des pâturages	10	16,6
Vole et intoxication	02	3,3
Non maitrise de la conduite de l'élevage	25	41,6
Instabilité sécuritaire	02	3,3
Autre à préciser	0	0
Total	60	100

Source: nos investigations sur terrain

Il ressort dans ce tableau n°15 que 41,6% des enquêtés ont dit qu'ils trouvent comme difficultés la non maitrise de la conduite de l'élevage, par contre 35% l'insuffisance des médicaments, 16,6% l'insuffisance des pâturages, 3,3% vole et intoxication et 3,3% l'instabilité sécuritaire. La faiblesse des institutions étatique à charge de sensibiliser les éleveurs sur les nouvelles techniques de l'élevage et la défaillance des ONG d'organiser les formations nécessaires pour la conduite de l'élevage des chèvres justifient dans les larges mesures le résultat ci-haut trouvé.

Tableau 16. Stratégies de la production des chèvres à Kalonge

OPINIONS	REACTIONS	%
Elever en stabulation	9	15
Aménager les pâturages	16	26,6
Accessibilité aux médicaments	35	58,3
Autre à préciser	0	0
Total	60	100

Source: nos investigations sur terrain

De ce tableau n°16, il ressort que 58,3% ont proposés comme stratégies de production des chèvres l'accessibilité aux médicaments, 26,6% l'aménagement des pâturages et 15% élever en stabulation.

Nous constatons que la majorité des éleveurs de Kalonge utilise comme stratégie de production des chèvres par accessibilité aux médicaments.

Tableau 17. Les raisons d'élever les chèvres à Kalonge

OPINIONS	REACTIONS	%
Argent	41	68,3
Engrais	0	0
Viande	1	1,6
Dote et lèges	15	25
Autre à préciser	3	5
Total	60	100

Source: nos investigations sur terrain

Il ressort de ce tableau n°17 que 68,3% de nos enquêtés élèvent les chèvres pour avoir l'argent, 25% dote et lèges, 1,6% la viande et 5 autres comme pour l'échange des camps et chèvres.

Nous remarquons dans ce tableau que la majorité de nos enquêtés élèvent pour avoir l'argent. C'est pourquoi d'ailleurs la majorité des éleveurs appelle la chèvre comme vache du pauvre, c'est elle qui ressource les problèmes socio-économiques des paysans éleveurs.

Tableau 18. Age de réforme des chèvres à Kalonge

OPINIONS	REACTIONS	%
Moins de 5ans	2	3,3
5ans	11	18,3
10ans	36	60
10ans et plus	5	8,3
N'importe quand	6	10
Total	60	100

Source: nos investigations sur terrain

Le tableau n°18 ci-haut indique que 60% des enquêtés font la réforme de leurs chèvres à l'âge de 10ans, par contre 18,3% à l'âge de 5ans, 10% n'importe quand, 8,3 10ans et plus. Il est donc important qu'il se pose un problème d'âge exacte de réforme des chèvres étant donné que les éleveurs pratiquent l'élevage des chèvres pour des objectifs divers, cependant il est préférable de réformer les chèvres à 5ans quand elles ont encore une certaine valeur économique.

Tableau 19. Les objectifs de réformer les chèvres à Kalonge

OPINIONS	REACTIONS	%
Improductivité	6	10
Vieillesse	41	68,3
Argent	10	16,6
Viande	2	3,3
Autre à préciser	1	1,6
Total	60	100

Source: nos investigations sur terrain

Il ressort de ce tableau n°19 que 68% des éleveurs de Kalonge font la réforme des caprins à cause de la vieillesse par contre 16,6% pour avoir l'argent, 10% l'improductivité, 3,3% la viande et 1,6% autre comme les maladies.

Nous constatons dans ce tableau que la plupart des éleveurs de Kalonge font la réforme des caprins (chèvres) à cause de la vieillesse. Surtout quand la productivité baisse (faible taux de fécondité), faible taux de vitalité, ...

Tableau 20. Participation à des séances de formation sur la conduite de l'élevage des chèvres

OPINIONS	REACTIONS	%
Oui	17	28,3
Non	43	71,6
Total	60	100

Source: nos investigations sur terrain

Il ressort de ce tableau n°20 que majorité des éleveurs de Kalonge n'ont jamais participés à la formation sur les techniques d'élevage soit 71,6% par contre, 28,3% ont participés à la formation des certaines organisations locales et internationales.

Tableau 21. Proposition pour l'amélioration de l'élevage des chèvres à Kalonge

OPINIONS	REACTIONS	%
Avoir accès aux pâturages des fourrages	7	11,6
Avoir accès facile aux services et produits vétérinaires	5	8,3
Avoir accès à l'investissement et aux intrants	1	1,6
Avoir accès aux reproducteurs des races améliorées	0	0
Avoir accès aux séances des formations sur la conduite de l'élevage des chèvres	46	76,6
Autre à préciser	1	1,6
Total	60	100

Source: nos investigations sur terrain

De ce tableau n°21 découle que 76,6% des éleveurs (enquêtés) de Kalonge ont proposés que le fait d'avoir accès à des séances de formation sur la conduite de l'élevage des caprins (chèvres) peut l'améliorer l'élevage des chèvres par contre 11,6% ont proposés l'accès aux pâturages des bons fourrages, 8,3% l'accès facile aux services et produits vétérinaires, 1,6% aux investissements et aux intrants et 1,6% autre comme la bonne sécurité.

Nous constatons de ce tableau n° que plus de la moitié des éleveurs enquêtés ont confirmés que l'accès à des séances des formations sur la conduite de l'élevage des caprins (chèvres) pourrait contribuer à un bon avenir de leur élevage.

D'où la vérification de notre hypothèse selon laquelle « la sensibilisation et la formation des éleveurs de Kalonge sur les méthodes modernes d'élevage des caprins permettrait de faire suivi convenable et améliorer cet élevage ».

4 CONCLUSION

Nous voici au terme de notre travail, il importe donc de tirer une conclusion dans laquelle nous représentons les grandes lignes qui l'ont constituées.

Notre travail intitulé « Analyse des contraintes de l'élevage des caprins dans le territoire de KALEHE, cas du groupement de Kalonge » avait comme objectif le discernement d'une sous production de la bête caprine liée au non-respect des normes zootechnique.

Pour ce faire, nous avons procédé à la consultation d'un documentations et une enquête complétée par les constats vécus sur terrain en étudiant les paramètres tel que: les années d'expérience de l'éleveur, l'évolution du cheptel, la santé, le logement, l'alimentation, la production, la reproduction, les problèmes, les solutions aux problèmes.

Notre problématique a tournée autour des questions suivantes:

- Quels sont les problèmes qui frappent l'élevage des caprins à Kalonge ?
- Que faut-il faire pour résoudre les problèmes conduisant à la pauvreté des éleveurs des caprins à Kalonge ?

Pour répondre à ces questions, nous sommes fixé les hypothèses selon lesquelles:

- L'insuffisance des connaissances techniques de la part des éleveurs, l'absence ou l'insuffisance des structures sanitaires, les conflits récurrent entre éleveurs et agriculteurs;
- La formation des éleveurs de Kalonge sur les méthodes modernes d'élevage des caprins permettrait de faire le suivi et convenable de cet élevage et l'améliorer;

Eu égard aux problèmes soulevés dans cette recherche, aux questions que nous nous sommes posés et aux objectifs assignés, nous avons fait recours à la méthode descriptive. Le technique questionnaire nous a aidés à récolter les données. L'analyse des données s'est réalisée en recourant à la distribution des fréquences à différentes réponses.

Après l'analyse et interprétation des résultats, nous avons abouti aux résultats, nous avons abouti aux résultats qui confirment nos hypothèses:

- L'insuffisance des connaissances techniques des structures sanitaire et vétérinaire sont à la base des problèmes que connaissent les éleveurs;
- La formation des éleveurs de Kalonge sur la méthode modernes d'élevage des caprins permettrait de faire le suivi convenable et améliorer cet élevage.

De ces résultats nous formulons quelques suggestions aux éleveurs et autres services intervenant dans l'élevage des chèvres:

Aux éleveurs:

- D'améliorer le système d'élevage des chèvres en octroyant aux chèvres des logements, une bonne alimentation (pâturage amélioré) à introduire les nouvelles races à performances élevées;
- De prendre au premier plan la santé des chèvres car dit-on bien soigner les chèvres c'est se soigner soi-même.

Aux services intervenant dans l'élevage des chèvres: de mettre à la disposition des éleveurs des connaissances adéquates sur la conduite de l'élevage des chèvres (formation sur les nouvelles technique d'élevage).

Aux scientifiques: d'enrichir le présent travail en menant d'autres investigation sur d'autres paramètres comme la reproduction, l'alimentation, etc.

REFERENCES

- [1] Mémento de l'agronome, ministère français de la Coopération et de développement, 4ème Ed.1991, P. 1635.
- [2] J. PAGOT ET ALII, manuel vétérinaire des agents techniques d'élevage tropical, Ed. d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, collection de manuel et précis d'élevage, Paris, 1997.
- [3] JEAN PIERRE B, zootechnie générale, agriculture aujourd'hui, sciences, Techniques, et application, Paris 1992.
- [4] FITINA TOTO ET ALII; Etude de possibilité de transmission des maladies des animaux en divagation, cas des porcs en groupement de MITI, ISSN 2028-9324 VOL.24 NO.4NOV.2018, PP. 1456-1461.
- [5] Larousse Illustrée, Dictionnaire Encyclopédique de français (1986).
- [6] BITAKUYA. P; Cours de zootechnie générale, ISDR BKV, inédit 2008.
- [7] MASUNGA MAMPASI, Cours de technique d'élevage, ISTD-MULUNGU,.
- [8] PACIFIQUE BULAMBO, Cours de conditionnement, conservation et Commercialisation des produits Agro-pastoraux, inédit ISTD-MULUNGU 2010.
- [9] Service de l'inspection de l'agriculture 2016.

Experimental determination and modeling of desorption isotherms and isosteric heat of onion

Seynabou Mbengue, Alassane Diene, Baba Ngom, Mouhamadou Thiam, and Mamadou Wade

Laboratory of Sciences and Techniques of Water and Environment (LaSTEE), Polytechnic School of Thiès,
BP A10 Thiès, Senegal

Copyright © 2021 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 essential to know the desorption isotherms to control the drying processes of agricultural products, food. The objective of this work is to determine the sorption isotherms of the local onion: the Violet de Galmi cultivated in the Niayes area. Desorption isotherms were studied for water activities ranging from 0.05 to 0.9 and for temperatures of 40 °C, 50 °C and 60 °C using the static gravimetric method. Six saturated salt solutions were used (KOH, K₂CO₃, NaBr, CuCl₂, KCl and NaCl). The results show that the desorption isotherms of onion are type II and the equilibrium water content is temperature dependent. The experimental results are then smoothed by five models: Guggenheim - Anderson - De Boer (GAB), Brunauer - Emmett and Teller (BET), Henderson, Oswin and Peleg for the description of the equilibrium state of this product. From the modeling, it was concluded that both the Peleg model and the GAB model describe the desorption isotherms of onion well, but the Peleg model has the smallest relative errors, thus defining the Peleg model as the best model. From the results obtained, the isosteric heat of desorption is determined using the Clausius-Clapeyron equation.

KEYWORDS: Onion, Galmi violet, desorption isotherm, isosteric heat, modeling.

1 INTRODUCTION

The onion is a universal herb, consumed in all regions of the world, particularly in Senegal. There are several varieties, some of which are particularly rich in antioxidants. The onion is part of the large family of alliacious plants and, like garlic, it is attributed certain beneficial properties for health. In the kitchen, it is an essential ingredient and is found in many culinary specialties. Several varieties are grown in Senegal, but those recommended for bulb production are: Violet de Galmi, Noflay, Yaakar, Red Creole, Early Yellow of Valencia, Early Texas Grano, Late Spanish Yellow, Valencia, Red of Amposta, Spanish Red. The consumption of onions in Senegal is estimated by ARM to be between 15,000 and 18,000 tons/month, i.e. approximately 200,000 to 250,000 tons per year, which places Senegal among the main onion consuming countries with an average per capita consumption of 13 kg per year [1]. However, due to the serious conservation and storage problems faced by farmers, huge post-harvest losses are recorded, about 30% of the production [2], [3]. This is why solar drying has become the preferred means of preserving and enhancing the value of onions. The knowledge of the sorption isotherm is particularly important for the drying of a product. It allows to calculate the equilibrium water content (X_{eq}) of the product with the drying air which is the limit towards which the water content of the product will tend at the end of drying. The value of the equilibrium water content is also an important parameter appearing in the models which allow to predict the evolution of the water content of the product during its drying, then during its storage [4].

In the present work, it is proposed to determine experimentally by the static gravimetric method and at different temperatures, the desorption isotherms of onion: Galmi's Violet. The desorption isotherms are also used to calculate the amount of heat required to evaporate the water molecules to the equilibrium water content. The knowledge of this total heat quantity is important for the sizing of drying and storage equipment to a lesser extent [5].

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 RAW MATERIAL

The type of onion used in this study is Violet de Galmi, grown in the Niayes area (Dakar). The products are sent directly to the laboratory after collection.



Fig. 1. Onion: the violet of Galmi

2.2 EXPERIMENTAL METHOD

The static gravimetric method has been used for the determination of desorption curves of onion. In particular, this is the saturated salt method [6], [7]. This method ensures moisture regulation by contact with aqueous salt solutions above which the water vapor pressure, at a given temperature, is perfectly known. Five solutions of saturated salts are used: KOH, K₂CO₃, NaBr, CuCl₂, NaCl, KCl. These solutions allow to obtain relative humidities varying from 0.05 to 0.9. They are prepared in hermetically sealed jars and are maintained in a temperature-controlled oven. The sample is suspended in the jar, above the salts, and thus remains in a temperature and hygrometry stabilized environment. The experiment is performed at three temperatures 40°C, 50°C and 60 °C.

Table 1 gives the water activity values of the different solutions used at different temperatures [8].

Table 1. Water activity values of the different solutions used

Saline solutions used	Water activities		
	40°C	50°C	60°C
KOH	0,063	0,057	0,056
K ₂ CO ₃	0,422	0,456	0,45
NaBr	0,532	0,509	0,497
CuCl ₂	0,68	0,655	0,633
NaCl	0,747	0,744	0,745
KCl	0,823	0,812	0,803

The mass of the product used for desorption is 8.0000 ± 0.0001 g. The monitoring of mass losses is ensured by a precision balance ± 0.0001 g. The hygroscopic equilibrium is obtained when the exchange between the product and the ambient air is

completed. As soon as the wet masses are determined, the samples are introduced into an oven at 105 °C for 24 h in order to determine their dry masses.

2.3 MODELING OF DESORPTION ISOTHERMS FOR ONION

Several mathematical models, describe the relationship between equilibrium water content, equilibrium relative humidity and temperature. In this study, five models are used to smooth out the desorption isotherms of the product: BET, GAB, Henderson, Oswin and Peleg. The goal is to determine the most appropriate model (s) for describing the desorption isotherms of onion. Table 2 lists the five models studied [9].

Table 2. Mathematical models of sorption isotherms

Authors	Models	Parameters	Domain
BET	$X_{eq} = \frac{ACa_w}{(1-a_w)(1-a_w+Ca_w)}$	A, C	monolayer
GAB	$X_{eq} = \frac{ABCa_w}{(1-Ka_w)(1-Kaw+CKa_w)}$	A, B, C	complete curve
Oswin	$X_{eq} = A \left[\frac{a_w}{1-a_w} \right]^B$	A, B	complete curve
Henderson	$X_{eq} = \left[\frac{\ln(1-a_w)}{-A} \right]^{1/B}$	A, B	complete curve
Peleg	$X_{eq} = Aa_w^{K_1} + Ba_w^{K_2}$	K ₁ , K ₂	complete curve

Where A, B, C, K₁, K₂ are constants relative to the models and T the temperature in degree Kelvin. The parameters of these models vary with temperature.

The models are compared based on the correlation coefficient (R²), relative error (P), root mean square error (RMSE), and the average of the sum of the squared errors the reduced chi-2 (χ²) obtained from the full Origin Pro version 8.5 software where RMSE and χ² give the difference between the experimental and modeled values. The best model will be the one with the largest correlation coefficient (almost equal to 1) and the smallest values of P, RMSE and χ². These parameters can be calculated by the following equations 1, 2, 3 and 4:

$$R^2 = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (X_{exp,i} - \bar{X}_{exp,i}) \times (X_{mod,i} - \bar{X}_{mod,i})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (X_{exp,i} - \bar{X}_{exp,i})^2 \times \sum_{i=1}^N (X_{mod,i} - \bar{X}_{mod,i})^2}} \right]^2 \quad (1)$$

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_{exp,i} - X_{mod,i})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X_{exp,i} - X_{mod,i})^2}{N-n} \quad (3)$$

$$P(\%) = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^N \frac{X_{exp} - X_{mod}}{X_{exp}} \quad (4)$$

Where;

X_{exp, i}: the ith reduced water content obtained experimentally

X_{mod, i}: the ith reduced water content obtained with the studied model

N: the number of measurement points

n: the number of parameters

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 DESORPTION ISOTHERMS OF ONION AT DIFFERENT TEMPERATURES

The experimental results of desorption of onion at different temperatures (40, 50, and 60°C) are presented in Figure 2. These represent the evolution of the equilibrium water content X_{eq} as a function of the water activity of the medium for the temperatures studied. This is observed for activities that range from $0.05 < A_w < 0.9$.

The curves show a sigmoidal shape similar to those presented by several products [10], [11]. It can be seen that the water content increases with increasing water activity. It is also noted that an increase in temperature is accompanied by an increase in water activity for a constant water content.

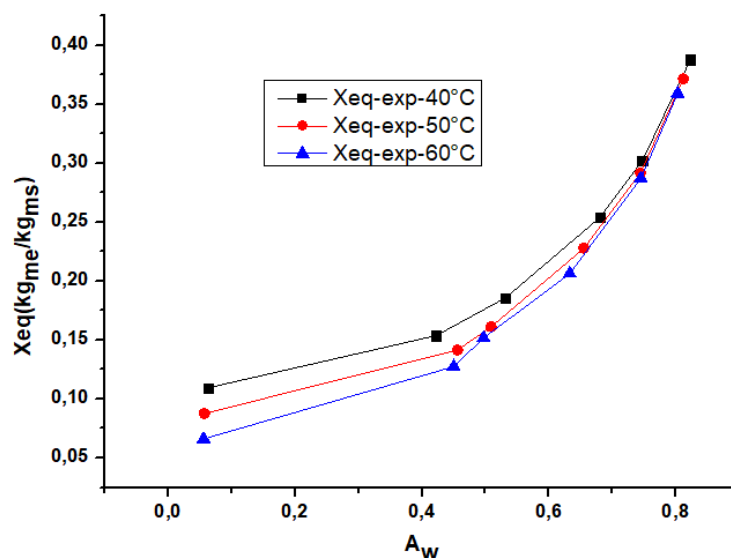


Fig. 2. Desorption isotherms of onion at 40°C, 50°C and 60°C

For a given water activity, it is also observed that the equilibrium water content of the onion decreases with increasing temperature, which corroborates the results obtained by many authors for high protein products [10], [12], [13], [14]. For high temperatures the excitation state of the molecules is higher, leading to a decrease in the attractive forces of the water molecules between them. At constant temperatures, the water activity (A_w) increases with the equilibrium water content (X_{eq}).

To ensure the microbiological quality of the product and its preservation, the water activity (A_w) should be between 0.2 and 0.3 [15]. This activity value corresponds to equilibrium water contents between $0.08 < X_{eq} < 0.12$ in desorption for air temperatures between 40°C, 50°C and 60° C.

3.2 MODELING OF DESORPTION ISOTHERMS

Table 3 gives the fitting parameters on the experimental results.

Table 3. Values of the fitting parameters of the desorption isotherms

40°C	Models	RMSE	χ^2	R ²	P (%)
	BET	0,04518	0,00204	0,80706	39,09057
	GAB	0,00464	$2,15566.10^{-5}$	0,99796	1,149158
	Oswin	0,02881	$8,3002.10^{-4}$	0,92154	12,01775
	Henderson	0,0406	0,00165	0,84423	19,16239
	Peleg	0,00402	$1,61857.10^{-5}$	0,99847	0,01478
50°C	Models	RMSE	χ^2	R ²	P (%)
	BET	0,03601	0,0013	0,88209	38,52918
	GAB	0,00489	$2,38712.10^{-5}$	0,99783	0,67009
	Oswin	0,02637	$6,95295.10^{-4}$	0,93678	18,08784
	Henderson	0,03606	0,0013	0,88177	30,29559
	Peleg	0,00434	$1,87989.10^{-5}$	0,99829	0,02427
60°C	Models	RMSE	χ^2	R ²	P (%)
	BET	0,0262	$6,86594.10^{-4}$	0,94122	37,23584
	GAB	0,00606	$3,6681.10^{-5}$	0,99686	0,69661
	Oswin	0,01956	$3,82539.10^{-4}$	0,96725	20,81058
	Henderson	0,02771	$7,67602.10^{-4}$	0,93429	34,28331
	Peleg	0,007	$4,90636.10^{-5}$	0,9958	0,08126

The measured and calculated onion desorption isotherms for the Peleg model and the ABM model for the different temperatures studied are presented by Figure 3. These isotherms are in agreement with the analysis of the calculated R², P, RMSE and χ^2 values.

Contrary to some authors who claim that the BET model performs better for water activities between 0.05 and 0.45, and the ABM model is better for products with high water content [16], [17], regardless of the range of activity considered and temperature, the Peleg model has the lowest relative errors. Among the models tested, the Peleg model provides the best fit to the experimental desorption isotherms of onion followed by the ABM model.

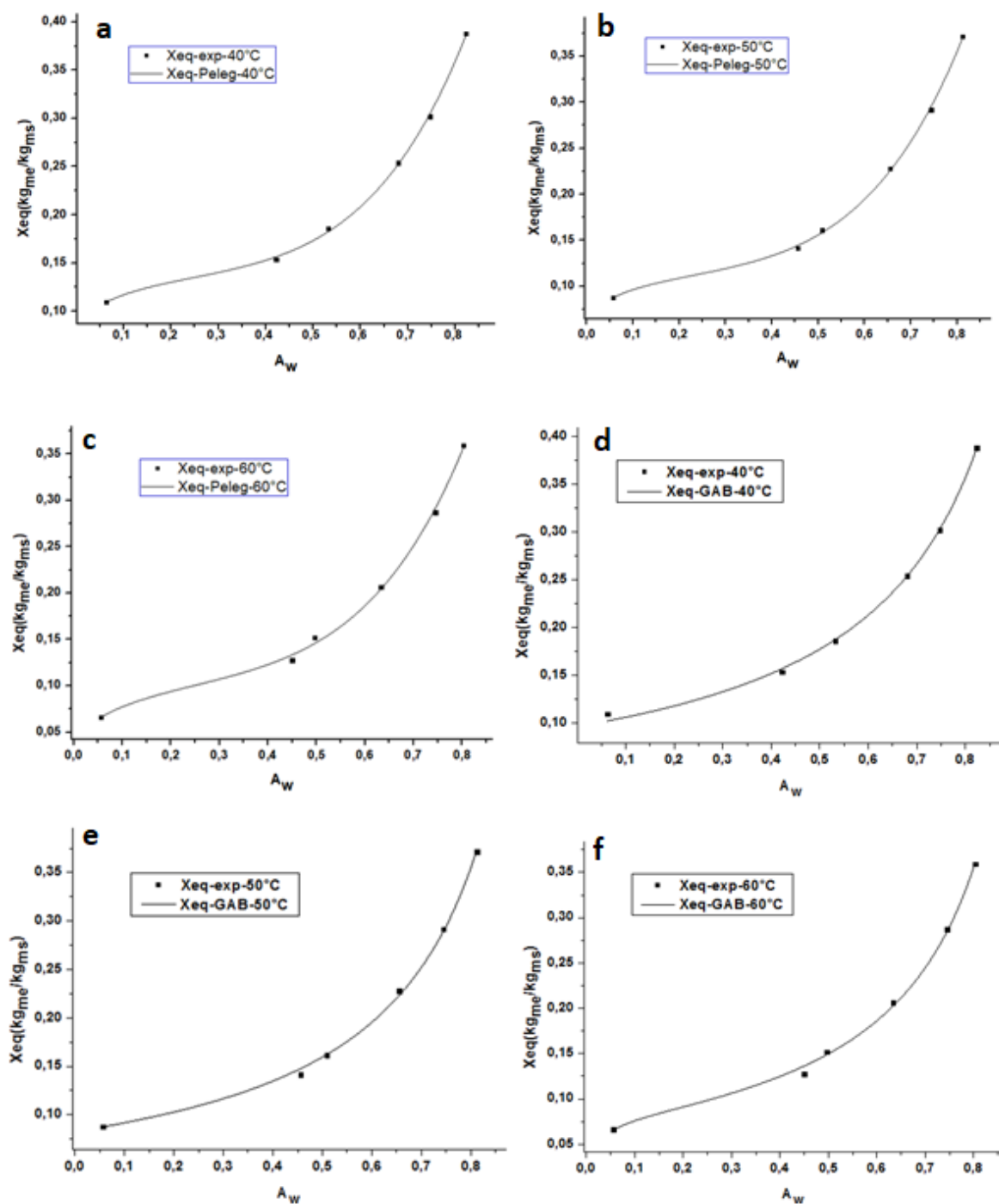


Fig. 3. Desorption isotherms of onions obtained by the: a) Peleg Model at 40°C; b) Peleg Model at 50°C; c) Peleg Model at 60°C; d) GAB Model at 40°C; e) GAB Model at 50°C; f) GAB Model at 60°C

The values of the coefficients A, B, C, K1 and K2 of the Peleg model are obtained from the software by setting initial values at the beginning of the program. These values are given in Table 4 below.

Table 4. Parameter values of the Peleg and ABM models

40°C	Models	A	B	C	K ₁	K ₂
	GAB	0,0778	0,97786	67,38192		
	Peleg	0,16426	0,532792		0,14754	4,43138
50°C	Models	A	B	C	K ₁	K ₂
	GAB	0,08319	0,95731	2151,3819		
	Peleg	0,56536	0,14221		4,26535	0,16926
60°C	Models	A	B	C	K ₁	K ₂
	GAB	0,09648	0,91195	5,129.10 ⁴³		
	Peleg	0,14537	0,58484		0,27462	4,45875

3.3 DETERMINATION OF THE ISOSTERIC HEAT OF DESORPTION OF THE ONION

The isosteric heat is equal to the sum of the latent heat of vaporization of water (L_{vap}) and the net isosteric heat of desorption (Q_{st}). It is given by the equation of Clausius Clapeyron (4). The isosteric heats are calculated from the isosteres of desorption, i.e the curve giving $\ln(A_w)$ as a function of $1/T$ at a constant water content (Figure 4) according to equation (5) [11].

$$Q_s = Q_{st} + L_{vap} \quad (5)$$

$$\ln(A_w) = -\left(\frac{Q_{st}}{R}\right)\frac{1}{T} + K \quad (6)$$

This isosteric heat is calculated from the desorption isosteres plotted in Figure 4.

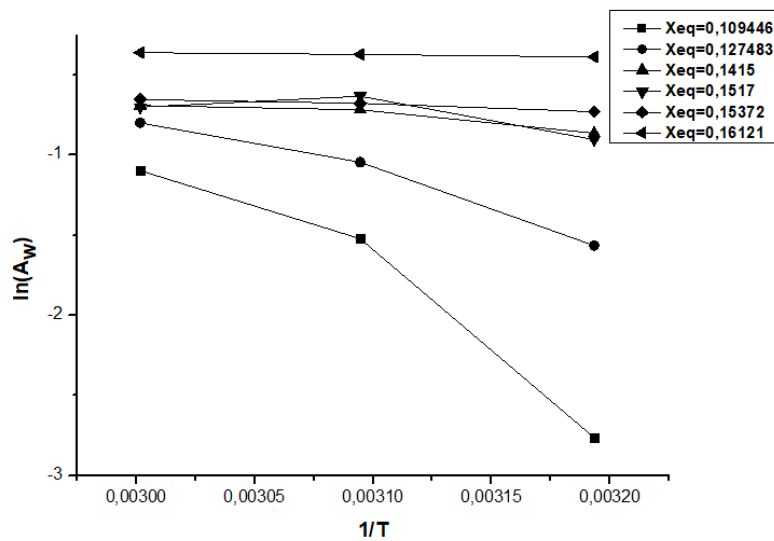


Fig. 4. Desorption isosteres of onion as a function of inverse temperature for different water contents

Figure 5 shows that the isosteric heat of desorption decreases with increasing equilibrium water content. The high values of isosteric heat, at low water contents, indicate strong water binding in the product to be dried. The isosteric heat of desorption decreases continuously with increasing water content, going towards the latent heat of vaporization of pure water (0.13338 kJ/mol). This indicates that the adsorbed water vapor can behave like pure water when the water content is high. The rapid decrease in isosteric heat for low water content of the product is due to the existence of the polar sites of high activity in the product which are covered with water molecules forming the molecular monolayer [18]. Other authors [19], [20] have explained this phenomenon by the fact that in a very restricted range of humidity, when the water content increases, some products swell and promote the opening of new adsorption sites of strong bonds, which increases the isosteric heat.

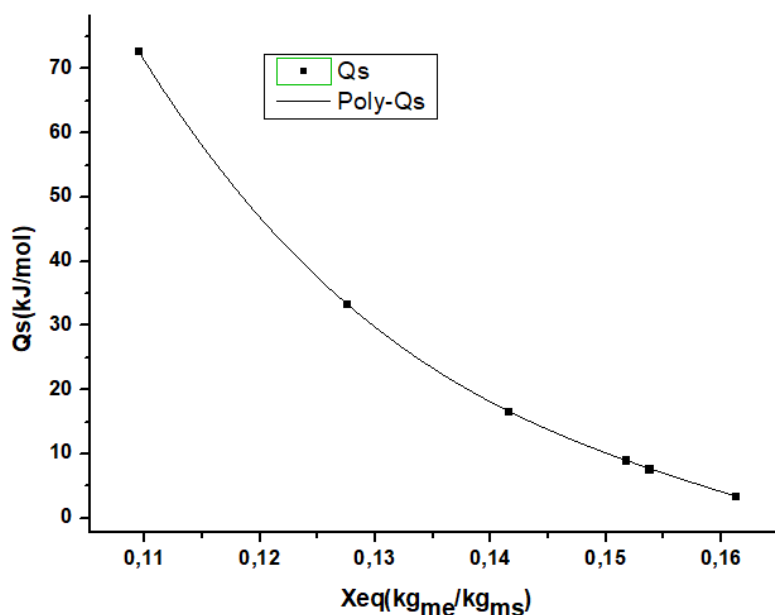


Fig. 5. Isosteric heat of desorption as a function of water content

The correlation of Q_s is given by equation 7:

$$Q_s = 19031X_{eq}^4 - 308370X_{eq}^3 + 143733X_{eq}^2 - 23831X_{eq} + 1337 \quad (7)$$

$$R^2 = 0,99999$$

These results are in agreement with those generally observed for most food products (such as the case of spearmint leaves) [21]. The knowledge of the isosteric heat of desorption is therefore very important for a good design of drying equipment. Indeed, for example, it turns out that to reach the water activity values allowing to ensure the stability of onion ($0.2 < A_w < 0.3$), i.e. equilibrium water content values between 0.08 (dry basis) and 0.12 (dry basis) depending on the drying air temperature, an energy of at least 40 kJ/mol is required.

4 CONCLUSION

The knowledge of sorption isotherms is an essential step to better understand and comprehend the problems related to the conservation, experimentation and modeling of drying processes. The results obtained show that the sorption isotherms of onion follow well the general shape of the sorption curve and that the Peleg and GAB models describe these sorption isotherms well. However, the Peleg model provides the lowest average relative errors regardless of the temperature considered. Thus, the Peleg model is the most adequate model for the onion sorption isotherms. We also note that the net isosteric heat of onion decreases with increasing water content. Finally, knowing the equilibrium water content of the onion, it is possible to determine its behavior in a solar dryer operating in forced convection.

REFERENCES

- [1] S. M. DIA, "Filière oignon au Sénégal," Economie, 2020.
- [2] H. D. Benz and A. Seck, "Améliorer la qualité de l'oignon au Sénégal, Contractualisation et autres mesures transversales," Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, 2018.
- [3] FEEDIFUTURE, "Filière oignon, le paradoxe Autosuffisance / Importations," PROJET D'APPUI AUX, Sénégal, 2017.
- [4] A. TALLA, Y. JANNOT, C. NGANHOU and C. Jean, "Etude expérimentale et modélisation de la cinétique de séchage de fruits tropicaux. Application à la banane et à la mangue," Sciences des Aliments, vol. 21, pp. 499-518, 2001.
- [5] A. Talla, Y. Jannot, G. Nkeng and J. Puiggali, "Desorption isotherms of tropical foodstuff. Application to banana, mango and pineapple," Drying Technology, vol. 23, pp. 1477-1498, 2005.
- [6] Y. Jannot, "Du séchage des produits alimentaires tropicaux à la caractérisation thermo-physique des solides," Mémoire à l'université de Bordeaux, France, 2006.

- [7] H. Yazdani and M. Pahlevanzadeh., "Moisture adsorption isotherms and isosterics energy for almond," *Journal of Food Process Engineering*, vol. 28, 2005.
- [8] H. Bizot and J. Multon, "Méthode de références pour la mesure de l'activité de l'eau dans les produits alimentaires.," *Annales et Technologie Agricole*, vol. 27, pp. 441 - 449, 1978.
- [9] H. Bizot, N. Riou and J. Multon, "Guide pratique pour la détermination des isothermes de sorption et de l'activité de l'eau," *Sciences des Aliments*, 1987.
- [10] M. Kouhila, A. Belghit, M. Deguenet and B. C. Boutaleb, "Experimental determination of the sorption isotherms of mint (*Mentha viridis*), sage (*Salvia officinalis*) and verbena (*Lippia citriodora*).," *Journal of Food Engineering*, vol. 47, pp. 281-287, 2001.
- [11] L. M. Ait, M. Kouhila, A. Jamali, S. Mahrouz and M. Lahsasni., "Expérimental study of adsorption-desorption isotherms of orange (*Citrus sinensis*) peel and leaves," *Food chemistry*, vol. 132, 2011.
- [12] T. Ahmat, D. Bruneau and A. W. Kuitcheb, "Desorption isotherms for fresh beef: an experimental and modeling approach,," *Meat Science*, vol. 73, pp. 1417- 1424, 2014.
- [13] M. L. Heras, A. Heredias, M. Caqtello and A. A., "Moisture sorption isotherms and isosteric heat of sorption of dry persimmon leaves," *Food Bioscience*, vol. 7, pp. 88- 94, 2014.
- [14] X. Li, Z. Cao., Z. Wei., Q. Feng. and J. Wang., "Equilibrium moisture content and sorption isosteric heats of five wheat varieties in China.," *Journal of Stored Products Research*, vol. 47, pp. 39- 47, 2011.
- [15] M. Belahmidi and Al, "Approche expérimentale de la cinétique de séchage des produits agroalimentaires, application aux peaux d'orange et à la pulpe de betterave," *Revue générale de Thermique*, vol. 380, pp. 443- 453, 1993.
- [16] C. Van and D. Berg, "Development of B.E.T. like models for sorption of water on foods,theory and relevance.," In D. Simatos, et J. L. Multon *Properties of water in foods*, p. 119, 1985.
- [17] A. Ferradji, M. Malek and A. A. Matallah, "Conservation des dattes 'Deeglet Nour' Isothermes d'adsorption à 25, 30 et 40°C," *Revue des Energies Renouvelables*, 2008.
- [18] E. TSAMI., "Net isosteric heat of sorption in dried fruits," *Journal of Food Engineering*, vol. 14, pp. 327- 335, 1991.
- [19] K. Boki., "Moisture sorption characteristics of kudzu starch and sweet potato starch," *Journal of Food Science*, vol. 55, pp. 232-235, 1990.
- [20] M. Salgado., "Modelling of water activity and enthalpy of water sorption in cassava chips," *Drying Technology*, vol. 12, pp. 1743-1752, 1994.
- [21] A. Jamali, M. Kouhila, L. A. Mohamed, A. Lambarrar and A. Idlimam, "Moisture adsorption-desorption isotherms of *Citrus reticulata* leaves at three temperatures," *Journal of Food Engineering*, vol. 77, pp. 71 - 78, 2006.

Neurotic angioedema and pregnancy: Report of a case and review of the literature

M. Kriouile, S. Bargach, and M. Youssfi

Department of Gynecology Obstetrics Oncology and High-Risk Pregnancy, Maternity of Souissi, CHU Avicenne, Rabat, Morocco

Copyright © 2021 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: Hereditary angioedema is a recently identified inherited entity. Schematically, the C1 inhibitor (C1Inh) sees its function decrease with estrogens, an event associated with a semiology made up of edema attacks. Classically, this clinical form is aggravated by synthetic estrogens, and improved by natural estrogens. We report the case of a woman who successfully led a pregnancy, despite the various crises observed throughout the pregnancy with functional repercussions.

KEYWORDS: Sarcoidosis, granulomatous, mastitis.

1 INTRODUCTION

Angioedema is a clinical symptom characterized by sudden localized swelling of the subcutaneous and / or submucosal tissue. It is hypodermic edema [1]. This swelling is the color of the skin, sometimes pinkish but never red. It is not or very little itchy, but can be painful. It is neither inflammatory nor permanent. It disappears without sequelae and can be recurrent. Its prevalence is estimated at 0.05% in the general population [2]. The main causes of recurrent AE are histamines by mast cell activation IgE (allergy) or non-IgE, the latter being related to chronic urticaria [3]. There is a much rarer cause of AE, hereditary, acquired, or drug-induced bradykinin AE (6%) [4]. The diagnosis should not be missed, because these EAs are resistant to treatment of histamine EAs (adrenaline, antihistamines). They respond to a specific treatment which is effective but which has a certain cost. Bradykinin AEs are classified according to whether they are associated with a C1Inhibitor (C1Inh) deficiency (hereditary or acquired) or with a normal C1Inh ("type III" AEH) or iatrogenic AE secondary to inhibitors of the enzyme converting enzyme. angiotensin (ACEI) [5].

2 OBSERVATION

This was a 36-year-old patient, with no history of hereditary angioedema in the family, G3P2, two living children gave birth vaginally with good psychomotor development followed from birth for hereditary angioedema with C1 inhibitor deficiency, only on corticosteroid therapy and which has successfully brought a pregnancy to term with seizures during the pregnancy mainly affecting the facial area and extremities. The birth was vaginally. The child born with an Apgar at 10 and was taken into pediatric care. Exogenous C1Inh concentrates were not used.



3 DISCUSSIONS

To date, the few published cases and the studies that do exist, generally involve a small number of patients, and provide a variable picture of neurotic angioedema during pregnancy. As expected, because pregnancy and childbirth are stressful situations triggering neurotic angioedema, various authors have reported an increase in seizures during pregnancy and the postpartum period [6], [7], [8]. A potential factor that can influence the rate of seizures is hormonal fluctuation during and after pregnancy, as increased estrogen and hormonal changes can negatively impact the course of neurotic angioedema [9], [10]. We also observed higher seizure rates in the extremities and facial area. The seizures were weaker in the urogenital region. Although the status of neurotic angioedema in the fetus had no effect on the rate of seizures during pregnancy, theory reveals that C1 - INH activity levels were lower in women wearing fetuses with neurotic angioedema than women carrying fetuses without HAE. The possible explanation could be that fetuses with neurotic angioedema may, due to their inherent deficiency, tend to rely on maternal C1 - INH. During pregnancy, the average seizure rate per trimester increased from 3.6 to 5.2 in the second trimester and 7 in the third trimester. Although a similar study previously reported a decrease in attack rates in the second and third trimesters [11].

4 CONCLUSION

Pregnancy in neurotic angioedema requires careful monitoring, both clinical and biological, childbirth can be supervised by simple corticosteroid therapy. This is perfectly tolerated on the obstetrical and neonatal plans.

REFERENCES

- [1] Grattan C, Powell S, Humphreys F. Management and diagnostic guidelines for urticaria and angio-oedema. *Br J Dermatol*. 2001; 144: 708-14 pubmed.
- [2] Kaplan A, Greaves M. Angioedema. *J Am Acad Dermatol*. 2005; 53: 373-88; quiz 389-92 pubmed.
- [3] Zingale L, Beltrami L, Zanichelli A, Maggioni L, Pappalardo E, Cicardi B, et al. Angioedema without urticaria: a large clinical survey. *CMAJ*. 2006; 175: 1065-70 [pubmed].
- [4] Kulthanan K, Jiamton S, Boochangkool K, Jongjarearnprasert K. Angioedema: clinical and etiological aspects. *Clin Dev Immunol*. 2007; 2007: 26438 [pubmed].
- [5] Bouillet L, Boccon-Gibod I, Massot C. [Bradykinin mediated angioedema]. *Rev Med Interne*. 2011; 32: 225-31 [pubmed].
- [6] Duvvur S, Khan F, Powell K. Hereditary angioedema and pregnancy. *J Matern Fetal Neonatal Med*. 2007; 20: 563-5 [pubmed].
- [7] Hermans C. Successful management with C1-inhibitor concentrate of hereditary angioedema attacks during two successive pregnancies: a case report. *Arch Gynecol Obstet*. 2007; 276: 271-6 [pubmed].
- [8] Chappatte O, de Swiet M. Hereditary angioneurotic oedema and pregnancy. Case reports and review of the literature. *Br J Obstet Gynaecol*. 1988; 95: 938-42 [pubmed].
- [9] Kreuz W, Martinez-Saguer I, Aygören-Pürsün E, Rusicke E, Heller C, Klingebiel T. C1-inhibitor concentrate for individual replacement therapy in patients with severe hereditary angioedema refractory to danazol prophylaxis. *Transfusion*. 2009; 49: 1987-95 [pubmed].
- [10] Gompel A. Genomic effects of estradiol in angioedema—implications for contraception and hormonal menopause treatment. *Rev Fr Allergol Immunol Clin* 2008; 48: 447-51.
- [11] Frank M, Gelfand J, Atkinson J. Hereditary angioedema: the clinical syndrome and its management. *Ann Intern Med*. 1976; 84: 580-93. ISSN: 2334-1009 [pubmed].

Carbon monoxide and pregnancy: Cause of miscarriage in pregnant women in the first trimester?

M. Kriouile, S. Bargach, and M. Youssfi

Department of Gynecology Obstetrics Oncology and High-Risk Pregnancy, Maternity of Souissi, CHU Avicenne, Rabat, Morocco

Copyright © 2021 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: Carbon monoxide poisoning during pregnancy is a rare and potentially serious condition. Fetal complications are uncommon, related to anoxic lesions. The severity of these complications does not depend on the level of maternal COHb. We report the case of 25-year-old woman 2 months pregnant and half accidentally exposed to domestic gas who was received in a state of unconsciousness with medium abundant bleeding in gynecology and obstetrics emergencies of the maternity souissi CHU in Rabat where we have seen an abortion in progress with expulsion of the product of conception.

KEYWORDS: Carbon monoxide, first trimester of pregnancy, miscarriage.

1 INTRODUCTION

Acute carbon monoxide (CO) poisoning during pregnancy is a relatively rare condition with serious adverse effects to mother and fetus, and the resulting intrauterine hypoxia can lead to fetal death or severe neurological sequelae [1]. Its literature is old and little known [2]. It is the leading cause of toxic morbidity and mortality in the world. This potentially lethal intoxication can be voluntary as part of an attempt at autolysis. It is nevertheless, in Europe, more frequently accidental [3]. Its consequences are potentially serious for the fetus when it occurs in pregnant women because the fetus is particularly exposed to the risk of hypoxia due to the strong affinity of its hemoglobin for CO which easily crosses the placenta [4]. We report the case of a 25-year-old woman, 2.5 months pregnant, accidentally exposed to domestic gas who was received in a state of unconsciousness with moderate bleeding in the gynecology and obstetrics emergency department of the maternity souissi in Rabat. with a review of the literature to understand the physiopathological mechanism specific to pregnant women and the consequences on pregnancy as well as on the embryo or fetus.

2 OBSERVATION

25-year-old female primigravidae married for 04 months admitted in a context of disturbance of consciousness with amenorrhea of 02 months and a half. The questioning of the members of the family reveals a notion of domestic gas poisoning following a leak on the water heater during the day before the fortuitous discovery of the couple in a state of unconsciousness. That is to say approximately 10 hours after the occurrence of the incident. The examination found an unconscious patient with a Glasgow score of 12/15, polypneic with swaying of the wings of the nose, intercostal indrawing and cyanosis of the extremities. The pleuropulmonary examination finds a symmetrical, polypneic thorax with a respiratory rate of 30 cycles / min with an unaudible vesicular murmur and additional noises difficult to characterize; hemodynamically the blood pressure was 10 / 6cmHg with a heart rate of 157 beats / min. The gynecological examination found a pelvic uterus, globular, with minimal metrorrhagia speculum with beginning of expulsion of the product of conception and on vaginal examination a central cervix eroded at 50% and permeable to the 2 openings. No obvious signs of the presence of a foreign body. Considering the dyspneic state of the patient, she was directly admitted to the emergency room to be under scope and under an oxygen mask with an initial saturation of 90% before being admitted to the intensive care unit for adequate treatment. She stayed in an intensive care unit for 72 hours where she received treatment based on non-invasive ventilation (NIV) with 100% FiO2. The initial

paraclinical workup found on gasometry a complex disorder of metabolic acidosis and respiratory alkalosis, on the chest x-ray of the front an atelectasis, on the electrocardiogram (ECG) a sinus tachycardia, on the cardiac Doppler ultrasound no particularity and on the toxicological assay a positive return carboxy hemoglobin (HbCO). The course under initial treatment was complicated by organ failures: cardiovascular (hypotension, tachycardia, septal hypokinesia of LV with troponin positive), metabolic (hypoxia with persistence of metabolic acidosis). Faced with the worsening of the patient's clinical condition and the absence of hyperbaric oxygen in our health facility, invasive ventilation with 100% FiO₂ was initiated and continued for 4 hours until the metabolic disorders were corrected. and improvement of clinical and laboratory signs. The patient was subsequently extubated and put on an oxygen mask with good tolerance. After a 48-hour stay in intensive care, she was declared discharged without sequelae with good ambient air saturation.

3 DISCUSSIONS

Carbon monoxide poisoning is the most well-known poisoning in France. The InVs (Institute of Health Surveillance) records 4000 cases per year and according to this institution its incidence is underestimated for several reasons: the non-mandatory declaration, smoke poisoning are excluded from the declared case, and finally, since this gas is odorless and colorless and symptoms do not always appear, some cases of CO poisoning are often misdiagnosed [5]. Pregnant women constitute a particularly fragile population vis-à-vis CO poisoning due to the physiological changes induced by pregnancy with consequences that can be extremely serious for the fetus, as long as there is no parallelism. strict between the clinical state of the mother and the severity of the poisoning of the child [3]. In terms of pathophysiology, CO passively crosses the placental barrier to enter the infant's circulation, the ability to diffuse CO increasing with gestational age in proportion to the weight of the fetus. Conversely, oxygen must cross the placental barrier for elimination of fetal CO to begin. There is therefore a delay in detoxification of the fetus compared to maternal detoxification. In addition, fetal hemoglobin has more affinity for CO than maternal hemoglobin. The hypoxia is much more marked, which increases the binding of CO to all hemoproteins. This explains the major risk of toxicity to the central nervous system of the fetus and the fact that the severity of fetal intoxication cannot be judged on the clinical status of the mother [6]. CO causes a decrease in the transport of oxygen (O₂). It binds to hemoglobin with greater affinity than O₂, thus forming carboxy hemoglobin (HbCO). The HbCO also induces a shift to the left of the oxyhemoglobin dissociation curve, reducing the release of O₂ in the tissues. CO also binds to proteins such as myoglobin and cytochrome P450 and disrupts the use of O₂ at the tissue level, especially by the myocardium. Finally, there is direct cellular toxicity. The fetus is particularly vulnerable to CO, which is often teratogenic, the passage of CO from the mother to the fetus is passively facilitated also by cytochrome P450 [2]. This passage would be all the more important as the pressure gradient in HbCO is high between the mother and the fetus. Its increase is also related to gestational age, fetal weight as well as increased placental blood flow and maternal hemoglobin concentration [1,7]. Fetal HbCO levels are 10-15% higher than maternal levels, fetal hemoglobin has a higher affinity for CO than adult hemoglobin. In addition, fetal elimination of CO takes longer, as it dissociates much more slowly from the fetus than adult hemoglobin. For this reason, the severity of fetal poisoning cannot be assessed solely by maternal condition [8]. In addition to the mechanisms described, it is reported by some authors that there are lesions of the ischemia-reperfusion type during tissue reoxygenation. Indeed, reoxygenation would lead to the production of oxygenated free radicals. This would be responsible for lipid peroxidation followed by the degradation of membrane fatty acids leading to the formation of unstable hydro peroxides in cell membranes, especially in the brain, with impaired functioning [1,9].

From the point of view of consequences, in the first trimester, various malformations deemed non-pathognomonic of CO poisoning have been reported including cleft lip [10] or limb malformations [11]. Some abnormalities in brain development have also been reported, including microcephaly and telencephalic dysgenesis [4,12]. From the second trimester of pregnancy, cerebral sensitivity to CO appears to be greater and lesions more frequent [13], mainly observed in the lenticular nuclei and more rarely in the brainstem, cerebellum and spinal cord [4]. Neonatal and long-term sequelae may result from these attacks [14]. In our review of the literature, we did not find cases of miscarriages as is the case in our observation. Could this miscarriage be linked to the amount of CO inhaled by our patient? However, she would have been exposed to CO for about 10 hours. We cannot explain the mechanism by which she expelled the product of conception. The mechanism that led to this miscarriage remains to be elucidated. The clinical manifestations of CO poisoning, dominated by neurological signs, are very polymorphic and variable from patient to patient and from time to time, making diagnosis sometimes difficult [3]. From a clinical point of view, the manifestations observed in pregnant women are identical to those in the general population, except that nonspecific clinical signs such as dizziness, nausea, vomiting, may be related to pregnancy. which can lead to a delay in the diagnosis of intoxication [15].

Francis Wattel et al [7]. reported in their study that there is no correlation between the degree of severity of maternal intoxication and the risk of fetal distress, the performance of an obstetric examination and an ultrasound would be necessary in the immediate aftermath of intoxication, the ideal being to have a prolonged follow-up of the fetus, the newborn and the

child. When it comes to management, the availability of oxygen is of great importance. The administration of oxygen is the basic treatment in the acute phase, allowing an increase in the rate of elimination of CO by O₂ [16]. Treatment for acute CO poisoning during pregnancy begins with removing the victim from the environmental source of CO. Then 100% normobaric oxygen should be administered immediately and hyperbaric oxygen should be considered. The only possible non-teratogenic treatment for pregnant women with CO poisoning is hyperbaric oxygen therapy. Hyperbaric oxygen is mandatory for all pregnant women with impaired consciousness or COHb levels of 20% or more [17]. Despite the absence of hyperbaric oxygen, the management of our patient was successful because we managed to get her out of the respiratory distress and the fatal risk that she incurred without care.

4 CONCLUSION

Acute Carbon monoxide poisoning during pregnancy is relatively rare. Often accidental and in addition to potentially fatal consequences for the fetus, it can lead to spontaneous abortion in the first trimester as is the case in our observation

REFERENCES

- [1] Greingor JL, Tosi JM, Ruhlmann S, Aussedat M. Acute carbon monoxide intoxication during pregnancy: One case report and review of the literature. *Emerg Med J*. 2001 Sep; 18 (5): 399-401.
- [2] Bothuyne E, Questea J, Joriota S, Mathieu D, Mathieu-Nolf M, Favory R, Houfflin-Debarge V et al. Dix questions pratiques concernant l'intoxication aiguë au monoxyde de carbone chez la femme enceinte. *Journal de Gynécologie Obstétrique et Biologie de la Reproduction*. 2014; 43 (4): 281-287. Google Scholar.
- [3] Donati SY, Gainnier M, Chibane Donati O. Intoxication au monoxyde de carbone. *EMC-Anesthésie Réanimation*. 2005; 2 (1): 46-67. Google Scholar.
- [4] Abboud P, Mansour G, Lebrun JM, Zejli A, Bock S, Lepori M et al. Acute carbon monoxide poisoning during pregnancy: 2 cases with different neonatal outcome. *J Gynecol Obstet Biol Reprod (Paris)*. 2001 Nov; 30 (7 Pt 1): 708-11.
- [5] Friedman P, Guo XM, Stiller RJ, Laifer SA. Carbon Monoxide Exposure During Pregnancy. *Obstet Gynecol Surv*. 2015; 70 (11): 705-712.
- [6] Francis Wattel, Daniel Mathieu, Monique Mathieu-Nolf. Devenir des enfants intoxiqués au monoxyde de carbone en période fœtale et traités par oxygénothérapie hyperbare- Étude d'une cohorte constituée sur 25 ans de 1983 à 2008. *Bull Acad Natle Méd*. 2013; 197 (3): 677-697. Google Scholar.
- [7] Cramer CR. Fetal death due to accidental maternal carbon monoxide poisoning. *J Toxicol Clin Toxicol*. 1982; 19 (3): 297-301.
- [8] Aubard Y, Magne I. "Carbon monoxide poisoning in pregnancy, ". *BJOG*. 2000; 107 (7): 833-838.
- [9] Wattel F, Mathieu D, Nevier R, Mathieu-Nolf, Lefebvre-lebleu. Intoxication au monoxyde de carbone. *Presse Med*. 1996; 25: 1425-9. Google Scholar.
- [10] Bailey LJ, Johnston MC, Billet J. Effects of carbon monoxide and hypoxia on cleft lip in A/J mice. *Cleft Palate Craniofac J*. 1995; 32 (1): 14-9.
- [11] Norman CA, Halton DM. Is carbon monoxide a workplace teratogen: a review and evaluation of the literature. *Ann Occup Hyg*. 1990; 34 (4): 335-47.
- [12] Gul A, Gungorduk K, Yildirim G, Gedikbasi A, Ceylan Y. Pre-natal diagnosis of porencephaly secondary to maternal carbon monoxide poisoning. *Arch Gynecol Obstet*. 2009 May; 279 (5): 697-700.
- [13] Okeda R, Matsuo T, Kuroiwa T, Tajima T, Takahashi H. Experimental study on pathogenesis of the fetal brain damage by acute carbon monoxide intoxication of the pregnant mother. *Acta Neuropathol*. 1986; 69 (3-4): 244-52.
- [14] Koren G, Sharav T, Pastuszak A, Garrettson LK, Hill K, Samson I et al. A multicenter, prospective study of fetal outcome following accidental carbon monoxide poisoning in pregnancy. *Reprod Toxicol*. 1991; 5 (5): 397-403.
- [15] Elkharrat D, Raphael JC, Korach JM, Jars-Guinestre MC, Chastang C, Harboun C et al. Acute carbon monoxide intoxication and hyperbaric oxygen in pregnancy. *Intens Care Med*. 1991; 17 (5): 289-292.
- [16] Gale S, Hopkins RO. Effects of hypoxia on the brain: neuroimaging and neuropsychological findings following carbon monoxide poisoning and obstructive sleep apnea. *J Int Neuropsychol Soc*. 2004; 10 (1): 60-71.
- [17] Delomenie M, Schneider F, Beaudet J, Gabriel R, Bednarek N, Graesslin O. Carbon Monoxide Poisoning during Pregnancy: Presentation of a Rare Severe Case with Fetal Bladder Complications. *Case Rep Obstet Gynecol*. 2015; 2015: 687975.

Sein surnuméraire axillaire : A propos d'un cas

[Axillary supernumerary breast : About a case]

M. Kriouile¹, K. Kriouile², H. Chaara², and My A. Melhouf²

¹Department of Gynecology Obstetrics Oncology and High-Risk Pregnancy, Maternity of Souissi, CHU Avicenne, Rabat, Morocco

²Service de Gynécologie Obstétrique, CHU Hassan II, Fes, Morocco

Copyright © 2021 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: Supernumerary breast or polymastia is a congenital malformation of the breast which results in the existence of a supernumerary mammary gland in an ectopic situation, especially axillary. Its diagnosis is easy in the presence of a nipple and a milky discharge, but can be difficult in their absence leading to confusion with other etiologies of axillary mass. Its management is most often surgical because of the aesthetic impact but also to prevent the risk of neoplastic degeneration. We report through this observation a case of an axillary supernumerary breast collected in the service in order to describe the different pathological and therapeutic aspects.

KEYWORDS: Supernumerary breast, ectopic, axillary mass, neoplastic, degeneration.

RESUME: Le sein surnuméraire ou polymastie est une malformation congénitale du sein qui se traduit par l'existence d'une glande mammaire surnuméraire en situation ectopique, notamment axillaire. Son diagnostic est facile en présence d'un mamelon et d'un écoulement lacté, mais peut s'avérer difficile en leur absence prêtant à confusion avec les autres étiologies de masse axillaire.

Sa prise en charge est le plus souvent chirurgical du fait du retentissement esthétique mais aussi pour prévenir le risque de dégénérescence néoplasique.

Nous rapportons à travers cette observation un cas de sein surnuméraire axillaire colligé au service afin de décrire les différents aspects pathologiques et thérapeutiques.

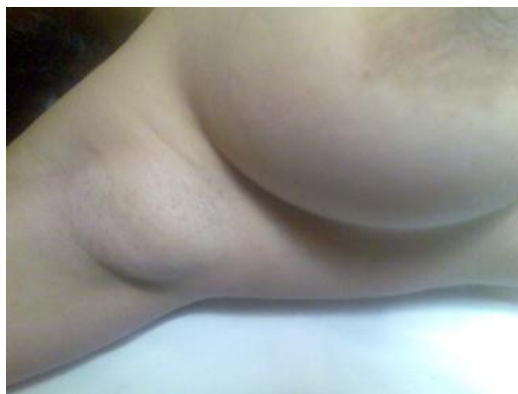
MOTS-CLEFS: Le sein surnuméraire, ectopique, masse axillaire, dégénérescence, néoplasique.

1 INTRODUCTION

Le sein surnuméraire ou polymastie est une malformation congénitale du sein qui se traduit par l'existence d'une glande mammaire surnuméraire en situation ectopique, notamment axillaire. Son diagnostic est facile en présence d'un mamelon et d'un écoulement lacté, mais peut s'avérer difficile en leur absence prêtant à confusion avec les autres étiologies de masse axillaire. Nous rapportons à travers cette observation un cas de sein surnuméraire axillaire colligé au service afin de décrire les différents aspects pathologiques et thérapeutiques.

2 OBSERVATION

Il s'agit d'une patiente âgée de 20 ans, sans antécédents pathologiques notables, nulligeste, qui a consulté pour tuméfaction axillaire droite évoluant depuis 07 ans et ayant augmentée progressivement de volume notamment en milieu du cycle menstruel. A l'examen clinique, on trouve des Seins bonnet C, absence de nodule palpable au niveau des 02 seins; présence d'une masse axillaire droite, bien limitée, mesurant 6 cm de diamètre, de consistance molle, indolore à la palpation, adhérent à la peau mais mobile par rapport au plan profond sans modifications cutanée en regard (Fig.1). L'échographie axillaire réalisée trouve un tissu mammaire normal avec des travées hyperéchogènes de tissu fibroglandulaire délimitant des lobules graisseux (Fig.2), en faveur d'un sein surnuméraire axillaire droit. La patiente a bénéficié d'une exérèse chirurgicale de la masse et l'étude anatomopathologique a confirmé le diagnostic d'un sein surnuméraire avec absence de cellules malignes.



3 DISCUSSION

La polymastie est une malformation congénitale du sein liée à l'involution de la crête mammaire. La présence de tissu mammaire accessoire touche entre 1% à 6% de la population [1] et se présente sous une forme variable: mamelon seul, aréole seule, mamelon et aréole, isolés le plus souvent, parfois associés à une glande mammaire. La présentation la plus courante est le mamelon surnuméraire qui siège sur la ligne mammaire embryonnaire (crête mammaire) allant de la partie antérieure du pli axillaire à la partie interne des plis inguinaux [2]. Des cas familiaux ont été rapportés [3] et il existe une hypothèse de transmission génétique autosomique dominante [4]. Les seins surnuméraires siègent à environ 67% au niveau du thorax ou de l'abdomen, le long de la ligne lactée, et 20 % au niveau de l'aisselle [5]. Elle est fréquente dès la naissance mais rarement décrite chez l'enfant [6]. Généralement, elle est découverte durant la grossesse. A priori le tissu mammaire ectopique subit les mêmes influences de l'imprégnation hormonale qui entraîne une augmentation de son volume ainsi que l'apparition d'une sensibilité voire même d'une douleur [2]. Les patientes consultent habituellement pour une sensation de gonflement localisé en période prémenstruelle ou pour une tuméfaction apparue au cours d'une grossesse. Les seins surnuméraires sont souvent bilatéraux et se manifestent par la présence d'une masse axillaire de consistance molle, non douloureux, mobile par rapport au plan profond et non au plan superficiel. A l'échographie, le sein surnuméraire est composé de tissu conjonctivo-glandulaire qui apparait hyperéchogène, et de tissu adipeux qui est hypoéchogène [2]. Des cas de seins surnuméraires pris pour une hydrosadénite ou une adénopathie satellite d'un cancer du sein ont été rapportés dans la littérature [A2: 12]. En l'absence de mamelon, le principal diagnostic différentiel se fait avec le lipome qui se présente comme une masse sous-cutanée, de consistance élastique, mobile par rapport aux deux plans. Il est hypoéchogène à l'échographie par la prédominance de tissu adipeux [A2]. Le tissu mammaire surnuméraire est susceptible d'être le siège des mêmes maladies que le tissu mammaire physiologique. C'est ainsi que des cas de mastite, de modifications fibro-kystiques, d'adénofibromes et de tumeurs phyllodes ont été rapportés [A1: 9]. Mais la complication la plus redoutée est la possibilité de transformation maligne. La controverse persiste quant à l'attitude thérapeutique: si certains auteurs préconisent l'abstention thérapeutique en dehors de complications, d'autres optent pour une exérèse systématique pour prévenir les complications [A2: 8].

4 CONCLUSION

Le sein surnuméraire axillaire est une malformation congénitale rare. Son diagnostic clinique peut s'avérer difficile en l'absence de l'aréole pouvant prêter à confusion avec un lipome. Sa prise en charge est le plus souvent chirurgical du fait du retentissement esthétique mais aussi pour prévenir le risque de dégénérescence néoplasique.

REFERENCES

- [1] Camacho FM, Morenzo-Gimenez JC, Garcia-Hernandez MJ. Is aberrant mammary tissue a marker for chronic alcoholism or kidney-urinary tract malformations ? *Dermatology* 1998; 197: 132-136.
- [2] Abita T, Lachachi F, Durand-Fontanier S, et al. A propos d'un cas de seins surnuméraires axillaires bilatéraux. *Morphologie* 2004; 88 (280): 39-40.
- [3] Weinberg SK, Motulsky AG. Aberrant axillary breast tissue: a report of family with six affected women in two generations. *Clin Genet* 1976; 10: 325-8.
- [4] Anthony LT, Viera J. Breast-feeding with ectopic axillary breast tissue. *Mayo Clin Proc* 1999; 74: 1021-2.
- [5] Nayak S, Acharjya B, Devi B. Polymastia of axillae. *Indian J Dermatol* 2007; 52: 118-20.
- [6] M. Margi, O Azhary, R. Oulahyane, A. Cherkaoui, M. Abdelhak, M.N. Benmamouch. Sein surnuméraire: à propos d'un cas. *Archives de pédiatrie* 2010; 17: 1162-1164.
- [7] Majorano E., Mazzarol G.M., Pruneri G., Mastropaqua M.G., Zurrida S., Orvieto E., Viale G. Ectopic breast tissue as possible cause of false-positive axillary sentinel lymphnode biopsies. *Am. J. Surg. Pathol.*, 2003, 27 (4), 513-518.

Étude des fréquences et facteurs favorisant de la hernie en milieu rural en RDC: Cas de l'hôpital général de référence Pandji de Tshela de 2009 à 2013

[Study of the frequencies and contributing factors of hernia in rural areas in the DRC: Case of the Pandji general referral hospital in Tshela from 2009 to 2013]

Futi Yinkimi Sambu

Institut Supérieur de Techniques Médicales de Tshela, RD Congo

Copyright © 2021 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 hernia is very widespread in the world; it is a benign pathology. Indeed, there are several types of hernias namely: the crural hernia, the inguinal hernia on which we are researching and many other hernias. The inguinal hernia is the most common in rural areas and agricultural work and the like are the contributing factors. It was difficult to get details of the actual activity that executes a rural native.

The main objective of this study was to participate in improving the health status of the community by reducing the frequency of inguinal hernia in rural areas at Pandji General Referral Hospital in Tshela.

During this study we observed that with regard to the year parameter, the year 2009 was the most affected with 79 cases or 25% out of a total of 311 and the year 2013. Has experienced fewer cases with 14% or 44 cases. According to the types of hernias, inguinal hernia was the most observed with 225 cases, ie 72% out of a total of 311. On the other hand, crural hernia was rarely encountered with 1 case, ie 1%.

The distribution of cases of inguinal hernias by sex showed that the male sex was the most observed with 190 cases or 84% out of a total of 311. The age group parameter indicated that the age group of 51-60 years had a frequency of 31.5% or 71 cases. On the other hand, out of a total of 225, a small percentage was observed in that of 31-40 years old with 2.2% or 5 cases out of a total of 225.

KEYWORDS: Frequency, factor, favoring, hernia, rural environment.

RESUME: La hernie est très répandue dans le monde; elle est une pathologie bénigne.

En effet, il existe plusieurs types d'hernies à savoir: la hernie crurale, la hernie inguinale sur laquelle porte notre recherche et bien d'autres hernies. La hernie inguinale est la plus répandue en milieu rural et les travaux agricoles et autres y analogues en sont les facteurs favorisant. Il était difficile d'avoir de précision sur l'activité réelle qui exécute un indigène en milieu rural.

L'objectif principal de cette étude était de participer à l'amélioration de l'état de santé de la communauté par la réduction de la fréquence de la hernie inguinale dans le milieu rural à l'hôpital général de référence Pandji de Tshela.

Au cours de cette étude nous avons observé qu'en ce qui concerne le paramètre année, l'année 2009 a été la plus touchée avec 79 cas soit 25% sur un total de 311 et l'année 2013. A connu moins de cas avec 14% soit 44 cas. Selon les types d'hernies, la hernie inguinale était la plus observée avec 225 cas soit 72% sur un total de 311. Par contre la hernie crurale était rarement rencontrée avec 1 cas soit 1%.

La répartition des cas de hernies inguinales selon le sexe a montré que le sexe masculin était le plus observé avec 190 cas soit 84% sur un total de 311. Le paramètre tranche d'âge a indiqué que la tranche d'âge de 51-60 ans a présenté une fréquence de 31,5 % soit 71 cas. Sur un total de 225 par contre un faible pourcentage a été observé dans celle de 31-40 ans avec 2,2% soit 5 cas sur un total de 225.

MOTS-CLEFS: Fréquence, facteur, favorisant, hernie, milieu rural.

1 INTRODUCTION

Une hernie est l'issue des viscères sous cutanées survenant en dehors de tout traumatisme au niveau d'un point faible anatomiquement prévisible par suite de prédispositions congénitales ou acquises [3].

Dans le monde, la hernie est une pathologie bénigne très fréquente.

En effet, plus de 20.000.000 de patients sont opérés de hernie par au niveau mondial, la hernie inguinale sur laquelle porte notre étude, constitue les $\frac{1}{3}$ des hernies de l'abdomen [8].

C'est l'une des pathologies les plus fréquentes en chirurgie générale. Elle peut étrangler une portion des intestins, bloquer le transit des matières fécales et se compliquer en occlusion intestinale et seul traitement efficace est chirurgical [5].

Elle touche 1 à 4% d'enfants dont les garçons sont majoritaires [6].

La hernie inguinale peut apparaître à tout âge même chez les nouveau-nés. Sa fréquence s'accroît nettement avec l'âge [2].

L'incidence globale varie de 0,8 à 4,4% chez l'enfant [3].

Après intervention chirurgicale le taux de récurrence est inférieur à 2%, chez l'adulte 0,5 à 1%, chez les nourrissons et plus élevé en cas de prématurité. Le risque d'étranglement herniaire est très élevé dans la première année de vie et cela est estimé à 30% [10].

En Europe, elle est fréquente, concerne 3 à 4% des enfants et touche les patients dont l'âge moyen est compris entre 30 à 60 ans [12].

Une hernie n'a aucune chance de guérir spontanément et ne peut être traitée que par une intervention chirurgicale [4]

En France, 200.000 adultes sont opérés chaque année, chez l'enfant on compte 8 garçons pour une fille.

La hernie inguinale est 7 fois plus fréquente chez l'homme et représente après l'appendicectomie l'intervention la plus habituelle en chirurgie générale [1].

En Afrique, elle est touchée environ 4 à 6% de la population et survient chez les patients plus jeunes par rapport aux études européennes [1].

Cette différence d'âge réside dans le fait qu'en Afrique, la majorité de la population font des travaux agricoles sollicitant ainsi beaucoup les muscles de sangle abdominale.

Elle est la forme la plus fréquente à cause de la durée d'évolution avant de se présenter à l'hôpital.

En République Démocratique du Congo spécialement en milieu rural ou nous avons eu à passer nos enquêtes dans les structures sanitaires de Tshela et ses environs entre autres l'HGR Pandji, avons remarqué au pavillon chirurgical une haute fréquence des personnes souffrant de la hernie sous ses multiples formes.

2 MÉTHODES

Il s'agit d'une étude rétrospective basée sur l'analyse documentaire partant des registres et dossiers des malades hospitalisés dans le service de chirurgie durant la période de janvier 2006 à décembre 2013 à l'hôpital général de référence Pandji /Tshela dans le territoire de Tshela province du Kongo Central en RDC.

Il s'agit d'un échantillonnage exhaustif de tous les patients admis au service de chirurgie de sexe confondu pour le cas la hernie. Notre échantillon était constitué de 311 cas de différents types de la hernie

Une fiche a été élaborée pour la collecte des données et comprenait un questionnaire qui a aidé à obtenir les informations recherchées les informations dont ont été recueillies cas par cas en consultant le registre des soins.

Le critère d'inclusion ont été les suivant:

Être hospitalisé à l'HGR/Pandji de Tshela dans le service de chirurgie pendant la période de janvier 2009 à 2013 pour la hernie.

Les paramètres étudiés sont: l'âge, le sexe; l'année et la profession.

Les données ont été saisies et analysées grâce au logiciel Word et Excel.

L'analyse a utilisé les effectifs et le pourcentage.

3 RÉSULTATS

Tableau 1. Répartition des cas par année

N°	ANNEE	NOMBRE	POURCENTAGE (%)
1	2009	79	25
2	2010	67	22
3	2011	62	20
4	2012	59	19
5	2013	44	14
Total		311	100

Il ressort de ce tableau que l'année 2009 a connu beaucoup plus de cas avec 25% soit 79 cas, suivie de l'année 2010 avec 67 cas d'hernie soit 22%, et l'année 2013 était moins touchée avec 44 cas soit 14%.

Cette fréquence élevée observée au cours de l'année 2009, de 25% pourrait se justifier par le fait qu'en 2009, l'hôpital général de référence Pandji était la plus grande formation médicale qui recevait la majorité de cas opératoire dans l'ex-cité de Tshela.

Tableau 2. Répartition des cas de hernies selon les types

N°	Types	NOMBRE	POURCENTAGE (%)
1	Hernie inguinale	225	72
2	Hernie inguinoscrotale	57	18
3	Hernie ombilicale	20	6
4	Hernie de la ligne blanche	8	3
5	Hernie crurale	1	1
Total		311	100

Ce tableau stipule que la hernie inguinale est plus rencontrée avec 225 cas soit 72% suivie de hernie inguinoscrotale avec 57 cas 18% par contre la hernie crurale avec 1 cas soit 1%.

Ce pourcentage élevé de cas de hernie inguinale peut se justifier du fait que la plupart de ces patients opèrent pour ce cas font des activités favorisant la survenue de cette hernie.

Tableau 3. Répartition de cas hernies inguinales selon le sexe

N°	Sexe	Effectif	POURCENTAGE (%)
1	Masculin	190	84
2	Féminin	35	16
Total		225	100

Ce tableau montre que le sexe masculin est plus incriminé avec 190 cas soit 84% que le sexe féminin ayant 35 cas soit 16%. Cette supériorité de sexe masculin pourrait être due par le fait que ce dernier exerce les fortes activités paysannes.

Tableau 4. Répartition de cas selon la tranche d'âge

N°	Tranche d'âge (an)	Effectif	POURCENTAGE (%)
1	0 - 10	28	12,4
2	11-20	19	8,4
3	21-30	10	4,4
4	31-40	5	2,2
5	41-50	22	9,7
6	51-60	71	31,5
7	61-70	48	21,3
8	71 et plus	22	9,7
Total		225	100

Ce tableau indique que la tranche d'âge la plus exposée à la hernie est celle de 51-60 ans avec 71 cas soit 31,5%, suivie de celle de 0-10 ans avec 28 cas soit 12,4 % et la moins exposée est celle de 31-40ans avec 5 cas soit 2,2%

Cette forte exposition observée dans la tranche d'âge de 51-60 ans pourrait se justifier par le fait que cette dernière regorge les patients ayant déjà exercés et continus à exercer les lourdes activités paysannes.

4 DISCUSSION

Au regard des résultats observés de notre recherche sur l'étude des fréquences et facteurs favorisant de la hernie en milieu rural à l'hôpital général de référence Pandji de Tshela dans le territoire de Tshela province du Kongo central en République Démocratique du Congo, avons constaté ce qui suit:

Du tableau1, sur la répartition des cas par année, que l'année 2009 a présenté 79 cas soit 25% qui sont plus élevé que d'autres années telles que 2013 avec 44 cas soit 14% marque l'année la moins touchée.

Ces résultats observés dans ce tableau pourraient se justifier d'une part par le fait que pendant l'année 2009, il n'y avait pas dans notre milieu d'étude beaucoup des médecins dans les formations médicales et d'autre part le manque d'information chez le patient. S'agissant du sexe, les résultats montrent que les hommes sont majoritairement représentés et touchés par la hernie avec 190 cas soit 84% sur un total de 311 et les femmes sont moins représentés avec 35 cas soit 16%.

Ces résultats corroborent avec ceux d'une étude menée au Cameroun par Nicols Akono Zé sur les facteurs favorisant la hernie inguinale.

En considérant des cas d'hernies selon les types, la hernie inguinale a présenté un plus grand effectif 225 cas soit 72% sur un total de 311 cas par contre la hernie la plus rare est la hernie crurale avec 1 cas soit 1%.

Cette prédominance de la hernie inguinale peut se justifier par le fait que chez l'homme dont la grande partition en ce type d'hernie lui revient certains auteurs ont évoqué ce qui suit; chez l'homme le canal inguinal est traversé par le cordon qui le rend fragile ce qui n'est pas le cas chez la femme.

Nos résultats abordent dans le même sens ceux de K.Homawoo sur réflexion sur 3101 hernies de l'aine traitées au CHU de Lomé Tokoin.

En regardant la répartition de cas de la hernie inguinale selon la tranche d'âge, nous s'observons que la tranche d'âge la plus touchée est celle comprise entre 51-60 ans avec 71 cas soit 31,5% et la moins touchée est celui du 31-40 ans avec 5 cas soit 2,2% sur un total de 225.

Cette forte exposition observée dans la tranche d'âge de 51-60 ans pourrait se justifier par le fait que cette classe regorge les patients ayant déjà exercés et continus à exercer les lourdes activités paysannes. Ces résultats vont au sens contraire que ceux obtenu dans une étude réalisée au Cameroun où la tranche d'âge de 25-35 ans avec un effectif de 12 cas soit 40% est la plus touchée.

5 CONCLUSION

Dans le monde, la hernie est une pathologie bénigne très fréquente. Elle est une des pathologies les plus fréquentes en chirurgie générale.

La hernie inguinale représente la catégorie la plus rencontrée dans notre étude. Les hommes sont plus touchés que les femmes

La fréquence de la hernie a diminué de 2009 à 2013 d'une façon décroissante. La fréquence de la hernie inguinale a été évaluée à 72, 3% soit 225 cas sur un total de 311

D'une manière générale, une bonne vulgarisation des facteurs favorisant la hernie va contribuer à l'amélioration de l'état de santé communautaire par la réduction.

REFERENCES

- [1] Andrea F. les soins chirurgicaux en milieu tropical, BERSPS Kangu mayumbe, 2006.
- [2] BARTHOD F. - FRILEUX P. - PARC R. Le ventre chirurgical en dehors des traumatismes de l'abdomen. Méd. Digest. 1992.
- [3] BERNARD et GENEVIEVE.P: dictionnaire médical pour les régions tropicales BERSPS KANGU MAYUMBE rdc 1991.
- [4] BOUKINDA F. Réflexions sur l'activité chirurgicale d'un hôpital de base au Congo. Afr. Méd. 1985.
- [5] CONDON R. E. - NYHUS L. M. Complications of groin hernia and of hernial repair. Surg. Clin. North Am. 1971.
- [6] GLASSOW F. Inguinal hernia repair, a comparison of Shouldice and Cooper ligament repair of the posterior inguinal wall. Am. J. Surg. 1976.
- [7] HEIFETZ C.J.Age and the testis after resection of the spermatic cord in the repair of inguinal hernia. Am. J. Surg. 1971.
- [8] HUREAU J.Hernies. In: Pathologie Chirurgicale. J.C. Patel, 3ème Edit., Masson, Paris, 1978.
- [9] LAZORTHES F. - BROWNE A. F. Cure de la hernie inguinale selon la technique de Shouldice. J. Chir. (Paris), 1984.
- [10] LE DOUAREC Ph. Que faire devant une récurrence herniaire ? In. Chirurgie 83. M. Malafosse, Masson, Paris 1983.
- [11] MacVAY - ANSON B.J. Inguinal and femoral hernioplasty. Surg. Gynécol. Obstet. 1949.
- [12] MOOSMAN D.A, OELRICH T.M. Prevention of accidental trauma to the ilioinguinal nerve during inguinal herniorrhaphy. Am. J. Surg. 1977.
- [13] REIFFERSCHIED M. Hernien. In. Chirurgie. 5 neubearb. Aufl. Hrsg. M. Reifferscheid u. S. Weller, Thieme, Stuttgart, 1981.
- [14] WAGH P.V., LEVERICH A.P., SUN C.N., WHITE H.J., READ R.C. Direct inguinal herniation in men: a disease of collagen. J. Surg. Res. 1974.

