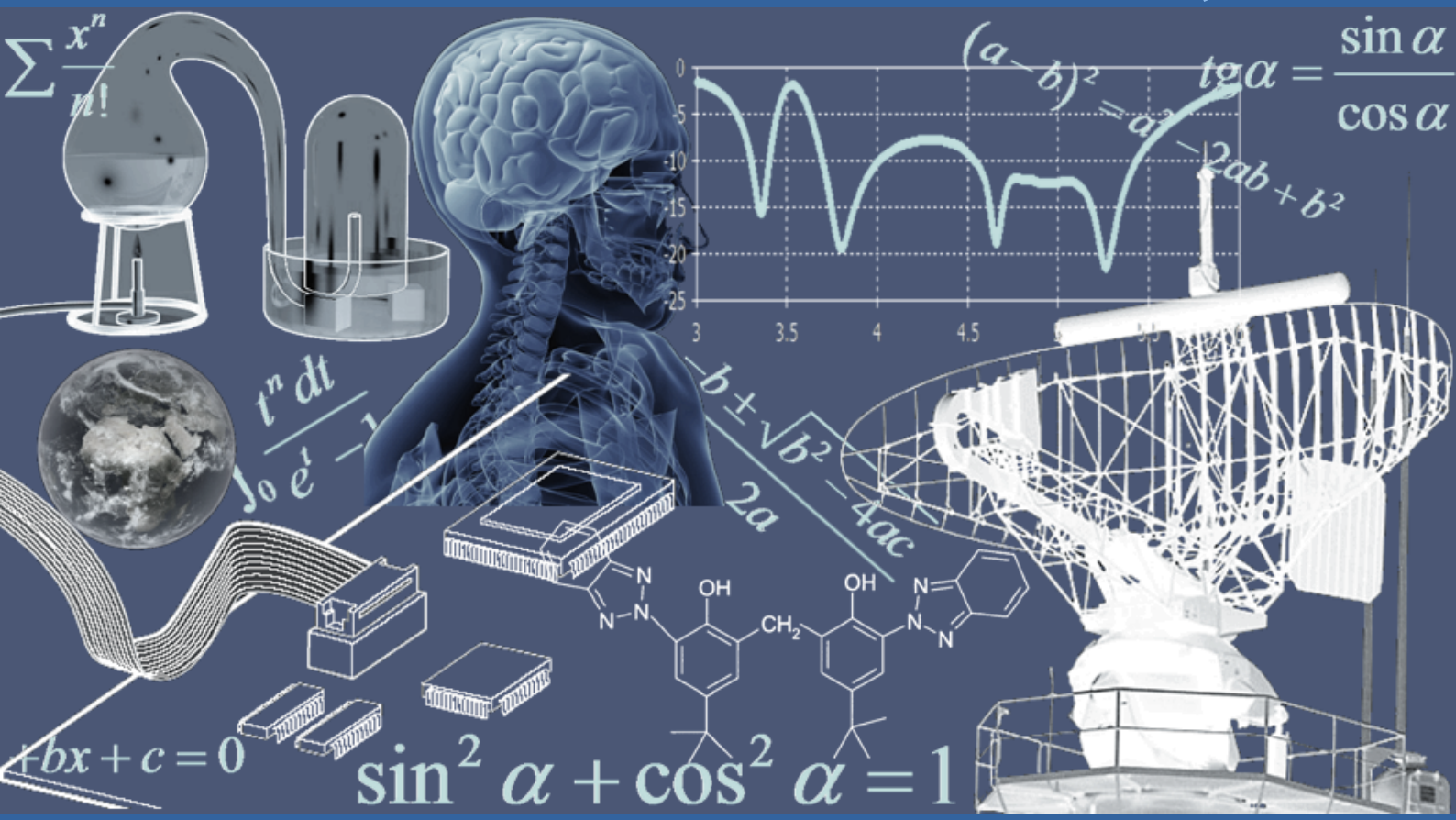
ISSN: 2028-9324
CODEN: IJIABO
Impact Factor: 6.71

INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 39 N. 4 June 2023



International Peer Reviewed Monthly Journal

Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.issr-journals.org/

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 Pharmaceutics, 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 Kavroudakis, University of the Aegean, Greece
Vaitsa Giannouli, Aristotle University of Thessaloniki, Greece
Nataša Pomazalová, Mendel University in Brno, Czech Republic
Hazem M. Shaheen, Damanhour University, Egypt
Shalini Jain, Manipal University Jaipur, India
Amin Jula, National University of Malaysia, Malaysia
Mahdi Moharrampour, Islamic Azad University, Buin zahra Branch, Iran
Ricardo Rodriguez, Technological University of Ciudad Juarez, Mexico
Yuniel E. Proenza Arias, Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba
Elizabeth Bissell Miller, University of Missouri, Columbia
Bertin Désiré SOH FOTSING, University of Dschang, Cameroon
Antonella Petrillo, University of Cassino and Southern Lazio, Italy
Hong Zhao, The Pennsylvania State University, USA
Jianjun Chen, The University of Chicago, USA
Shaju George, Royal University for Women, Kingdom of Bahrain
Chandrasekaran Subramaniam, Kumaraguru College of Technology, India
Ilango Velchamy, New Horizon College of Engineering, India
M. Kumaresan, M.P.N.M.J. Engineering College, India
Mohammad Valipour, University of Tehran, Iran
Mohameden Sidi El Vally, King Khalid University, KSA
Mona Hedayat, Boston Children's Hospital, Harvard Medical School, USA
Suresh Kumar Alla, Advanced Medical Technologies, BD Technologies, USA
Ahmed Hashim Mohaisen Al-Yasari, Babylon University, Iraq
Aziz Ibrahim Abdulla, Tikrit University, Iraq
Khalid Mohammed Shaheen, Technical College of Mosul, Iraq
Baskaran Kasi, Kuala Lumpur Infrastructure University College, Malaysia
Nurul Fadly Habidin, Universiti Pendidikan Sultan Idris, Malaysia
Adnan Riaz, Allama Iqbal Open University, Pakistan
Syed Noor Ul Abideen, KPK Agricultural University, Pakistan
Arab Karim, M'Hammed Bougara University of Boumerdes, Algeria
Zoubir Dahmani, UMAB University of Mostaganem, Algeria
Mohsen Brahmi, Sfax University, Tunisia
Mongi Besbes, University of Carthage, Tunisia
Mai S. Mabrouk, Misr University for Science and Technology, Egypt
Olfat A Diab Kandil, Misr University for Science and Technology, Egypt

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

Table of Contents

Respuesta de variedades de cebada a fungicidas para el control de roya de la hoja 1475-1483

Miguel González González and María Florencia Rodríguez García

La microempresa y su incidencia en economía ecuatoriana 1484-1494

Mabel Elizabeth Barriga Pizarro, Silvana Gabriela Echeverría Luna, Kathiuska Isabel Ruiz Ramirez, and Andreina Victoria Herrera Herrera

GAP Analysis of the Street-food Consumers in Surabaya and Bangkok 1495-1507

Evi Thelia Sari and Adisak Suvittawat

India's G20 Presidency: Importance, Challenges and Future 1508-1510

Siddharth Singh and Shalini Vermani

Angiosarcome mammaire radio-induit: A propos d'un cas 1511-1513

Zineb Aboueddahab, Chaymaa Mohammadine, Laaraj Soukaina, Moulay El Mehdi ElHassani, Abdellah Babahabib, Khalid Guelzim, and Jaouad Kouach

Co-operative learning method and metalwork student's academic achievement in technical colleges 1514-1519

Shefiu Ogunbote and Dawodu Rasheed Adegbenro

Evaluation des risques professionnels au centre hospitalier Abass Ndao de Dakar 1520-1526

AER Diatta, D. Diedhiou, B. B. Diedhiou, and M Ndiaye

Evaluation of The Bamboung Community Marine Protected Area (Senegal) as a geosite 1527-1545

Adama Gueye, Ibrahima Sory Sow, Cheikh Ibrahima Youm, El Hadji Sow, Mbemba Fabou Doumbouya, and Cheikh Abdoul Kader Fofana

Les grands défis de l'espace maritime du Togo 1546-1556

Simtagna Yao and Agbeyadzi Kossi

Malnutrition en relation avec les pratiques d'approvisionnement en eau, hygiène et assainissement dans la commune de Karimama au Nord Bénin 1557-1569

Abdoulaye Amidou Moucktarou, Kindossi Mêlégnonfan Janvier, Kpetere Jean, Egounlety Ayodelé Mariam, Orou Baran Dagui, Sabi Kora Albert, Tankouanou Gladys, Abdoulaye Raissatou, and Aboubakar Sahabou

Stratégie de conservation des semences céréalières dans la région de l'Extrême-Nord, Cameroun: Localité de Gazawa 1570-1583

A. Fatoumata, D. Haicha, P. Kaouvon, Gonné Sobda, Dérik Pierre SAKATAI, A. Goudom, and B. Wang-Bara

Effets environnementaux liés à l'installation des réfugiés dans le Niger oriental (région de Diffa) 1584-1600

Oumarou Ibrahim, SOULEY Kabirou, Abdou Bagna Amadou, and Yamba Boubacar

Production of Hermetia illucens L and Musca domestica L larvae (maggots) for animal feed in West Africa: A review 1601-1616

Florence Sankara, Fernand Sankara, Salimata Pousga, Kalifa COULIBALY, Jacques Philippe Nacoulma, Zakaria Ilboudo, Issoufou Ouedraogo, Wendgida Dimitri Wangrawa, Irénée Somda, and Marc Kenis

Diversité et structure génétiques de Clarias anguillaris des bassins des fleuves Niger et Sénégal au Mali 1617-1624

Ramata Diop, Youssouf Sanogo, Adama Konaté, Siaka Dembélé, Sébastino Da Costa Kouassi, Sognan Dao, Rokiatou Fané, Kadiatou Traoré, Nanourou Dembélé, Drissa Konaté, Oumar Ouattara, Diakaridia Traoré, and Fassé Samaké

Perception des producteurs sur les pratiques agro-écologiques dans les zones cotonnières au Bénin 1625-1633

Babio Soumanou, Hougni Alexis, and YABI Afouda Jacob

Analyse du marketing des territoires à la lumière des théories des parties prenantes et de la proximité 1634-1646

Sanaa Moussalim and HICHAM ECHATTABI

Dynamique spatio-temporelle du littoral entre Abouakro et Assouindé (Côte d'Ivoire) 1647-1655

Djahouié Prisca Beugré, Malé Gbêgbé, and Guy Serge Konan

Nature du désalignement du taux de change en Afrique sub-saharienne 1656-1679

Kirsi Zongo, Mahamadou Diarra, and M. Idrissa Ouedraogo

Modélisation de l'estimation a l'exposition du risque à certains germes pathogènes dans le foutou banane vendu dans trois lieux de restauration collective dans la ville de Yamoussoukro par la méthode de Monte Carlo 1680-1691

N'Guessan Verdier ABOUO, Kouassi Ernest KAKOU, Yevi Delphine N'GUESSAN, and Nogbou Emmanuel ASSIDJO

Analyse des facteurs favorisants de la destruction des écosystèmes forestiers et leurs conséquences en RD Congo 1692-1697

Mvumbi Sylvain Mavinga, Munkuamo Jean Rufin, Nsekanabo Muta DE, Mavungu Mvumbi Jac Willy, Ntoto Mvubu Roger, and Lukoki Luyeye Félicien

GENOTYPE-ENVIRONMENT INTERACTION STUDY OF SEEDS HARVESTED PER PLANT IN MUNG BEAN (Vigna radiata (L.) WILCZEK) LINES GROWN IN TWO AGRO-CLIMATIC ZONES OF BURKINA FASO USING GGE-BIPLOT ANALYSIS 1698-1705

Zida Wend-Pagnagde Felicien Marie Serge, Ouedraogo Mahamadi Hamed, Zongo Hamadou, Ouedraogo Tinga Jeremy, and Mahamadou Sawadogo

Facteurs associés à l'autonomisation des femmes à N'Djaména, Tchad 1706-1716

Gloria Ronel and Miangotar Yode

Contribution à l'étude des causes des crevaisons et explosions des pneumatiques des véhicules de transport sur l'axe routier BITABE - MALUKU de la ville-province de Kinshasa 1717-1721

Emmanuel KILABI MANGWENO

Contribution à l'étude de dépannage des circuits hydrauliques: Cas de machines hydrauliques de scierie 1722-1725

Emmanuel KILABI MANGWENO

Effets de l'huile de Thevetia et de Top bio sur les pucerons et leurs prédateurs en culture cotonnière biologique à Gobé au Centre du Bénin 1726-1738

Saturnin Azonkpin

Profitability Analysis of Zai Pits Use in Cowpea (Vigna unguiculata (L.) Walp) Production under Normal watering and Drought Stress Conditions 1739-1746

Thiombiano Célestin, Lado Abdulrahman, Serme Idriss, Batieno T. Benoit Joseph, Ali Malam Labo Mohamed, Tignegre Jean-Baptiste De La Salle, Yelemou Barthelemy, Sawadogo Mahamoudou, Jibrin Mohammed Jibrin, M. A. Hussaini, and Bassam Abdulrahman Lawan

Bouaké, ancienne « capitale de la rébellion armée », face au défi sécuritaire (Côte d'Ivoire) 1747-1760

Yapi Atsé Calvin, DOHO BI Tchan André, and BOHOUSSOU N'Guessan Séraphin

Diversité génétique des accessions de poivron (Capsicum annuum L.) de la région de Diffa (Niger) évaluée à l'aide de la capacité germinative des semences 1761-1773

Saley Moussa Diagara, Alhassane Agali, Boukar Kéllou Kaka Kiari, and Harouna Issa Amadou

Evolution de l'écosystème de l'estuaire du Saloum au cours des derniers millénaires: Apport des diatomées 1774-1782

Adama Gueye and El Hadji SOW

Vers une solution web 3D de visualisation et de simulation des inondations urbaines: Cas des villes métropolitaines du Cameroun 1783-1793

Nelson Mafai Maguelva, Mustapha Hakdaoui, and Frédéric Hubert

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 4 Jun. 2023, pp. 1475-1483
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Respuesta de variedades de cebada a fungicidas para el control de roya de la hoja

[Response of barley varieties to fungicides for the control of leaf rust]

Miguel González González and María Florencia Rodríguez García

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

Copyright © 2023 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 Mexico, the production of barley (*Hordeum vulgare* L.) is affected by various diseases including leaf rust (LR) caused by *Puccinia hordei* Otth. In the spring-summer/2018 cycle, under rainfed conditions and natural incidence of HR, a factorial test was established under a randomized complete block design, in the municipalities of Texcoco and Temascalapa, State of Mexico and Tlaxco, Tlaxcala, to evaluate the effect of two fungicides (Azoxistrobin 11.1% + Tebuconazole 18.4% and Tebuconazole 25%) on the LR control in six varieties of barley. The variables measured were day to heading and maturity (DE, DM), Plant height (PH), Test weight (TW), grain yield (Yield) and final severity of the disease (FDS). Highly significant differences were found for TW, Yield and FDS for varieties, fungicides and localities (Tukey, $p \leq 0.05$). The most effective fungicide was Azoxistrobin 11.1% + Tebuconazole 18.4% taking FDS of 2% and yield (REND) of 2,757.2 kg ha^{-1} compared to the non-fungicide check which had 23% FDS and yield of 2,262.7 kg ha^{-1}. The variety with the greatest resistance was ABI Voyager (10MS) and the most susceptible, Doña Josefa (40S). Disease control influenced performance, there were losses of 31% in Apizaco; 20% in Esmeralda; 19% for Doña Josefa and ABI Voyager; Maravilla with 16% and AC Metcalfe 9%. Resistance levels observed together with the use of fungicides will allow a comprehensive control of the disease.

KEYWORDS: Decrease, Yield, Resistance.

RESUMEN: En México, la producción de cebada (*Hordeum vulgare* L.) es afectada por diversas enfermedades, entre ellas la roya de la hoja (RH) causada por *Puccinia hordei* Otth. En el ciclo primavera-verano 2018, bajo condiciones de temporal e incidencia natural de RH, se estableció un ensayo bajo un diseño en bloques completos al azar con arreglo factorial, en los municipios de Texcoco y Temascalapa, Estado de México y Tlaxco, Tlaxcala, para evaluar el efecto de dos fungicidas (Azoxistrobin 11.1% + Tebuconazole 18.4% y Tebuconazole 25%) en el control de RH en seis variedades de cebada. Se midieron las variables días a espigamiento y madurez (DE, DM), altura de planta (AP), peso hectolítrico (PH), rendimiento de grano (REND) y severidad final de la enfermedad (SFE). Se encontraron diferencias altamente significativas para PH, REND y SFE para variedades, fungicidas y localidades (Tukey, $p \leq 0.05$). El fungicida más eficaz fue Azoxistrobin 11.1% + Tebuconazole 18.4% con una SFE de 2% y rendimiento (REND) de 2,757.2 kg ha^{-1} en comparación con el testigo, sin fungicida, que tuvo SFE de 23% y REND de 2,262.7 kg ha^{-1}. La variedad más resistente fue ABI Voyager (10MS) y la más susceptible, Doña Josefa (40S). El control de la enfermedad afectó el rendimiento, hubo pérdidas de 31% en Apizaco; 20% en Esmeralda; 19% para Doña Josefa y ABI Voyager; Maravilla con 16% y AC Metcalfe de 9%. Los niveles de resistencia observados junto con el uso de funguicidas permitirán un control integral de la enfermedad.

PALABRAS-CLAVE: Disminución, Rendimiento, Resistencia.

1 INTRODUCCIÓN

La cebada (*Hordeum vulgare* L.), es una gramínea con alto potencial tanto para consumo animal como humano. Sus propiedades químicas la hacen de gran importancia nutritiva, rica en vitaminas y minerales. Ocupa el cuarto lugar a nivel mundial entre los países de mayor producción de cereales, después del maíz, trigo y arroz, mientras que en superficie cultivada ocupa el quinto lugar con 53 millones

Corresponding Author: Miguel González González

de hectáreas sembradas alrededor del mundo. Según [1], la producción mundial en 2020 fue de alrededor de 157.7 millones de toneladas.

Durante el año 2021 la superficie sembrada de cebada en México fue de 345,414 hectáreas, de la cual el 21% fue establecida bajo condiciones de riego durante el ciclo otoño-invierno y el 79% fue sembrada bajo condiciones de temporal en el ciclo primavera/verano [2]. En los Valles Altos de la Mesa Central de México la cebada se produce bajo condiciones de temporal. La siembra bajo estas condiciones, en su mayoría, es afectada por factores abióticos, de los cuales la sequía, las heladas tempranas y el exceso de lluvias son los principales [3]. Por otra parte, se encuentran los factores bióticos, donde se destaca la incidencia de plagas y enfermedades.

Las enfermedades representan una limitación importante para la producción de cebada a nivel mundial, a pesar del gran esfuerzo que se realiza para el control de los agentes causantes [4]. No obstante, [5] indican que el cultivo de cebada se ve afectado por varios patógenos transmitidos por el aire, la semilla y el suelo, causando diversas enfermedades y pérdidas considerables del rendimiento y la calidad de los granos. Dentro de las principales enfermedades que afectan al cultivo de cebada se encuentran las royas, ocasionadas por hongos del género *Puccinia,* además, de manchas foliares provocadas principalmente por *Rhynchosporium secalis, Blumeria graminis, Drechslera teres* y *Bipolaris sorokiniana* [4].

La roya de la hoja (RH) causada por *P. hordei,* es una enfermedad común y ampliamente distribuida en muchas áreas productoras de cebada en el mundo y su importancia se ha incrementado en regiones con climas templados debido en parte a la agricultura intensiva [6], a la poca disponibilidad de variedades con resistencia a esta enfermedad [7], a la gran variabilidad patogénica del hongo [8] y al cambio climático [9]. En México la roya de la hoja se presenta en la mayoría de las áreas productoras de cebada de la Mesa Central [3].

En roya de la hoja de la cebada se han reportado epidemias importantes a nivel mundial y han causado pérdidas considerables en el rendimiento de grano. Estudios realizados por [10] y [11] indican una disminución del 17 a 25%; mientras que, [12] determino una baja en la productividad del 32%. Por otra parte, [13] reportaron pérdidas del 33%; no obstante, estos daños pueden alcanzar un decremento de hasta el 62% según [6], en genotipos susceptibles.

Una de las estrategias de control más efectiva para el manejo de las royas es el uso de variedades de cebada resistentes; sin embargo, en México las que son actualmente recomendadas no poseen niveles de resistencia satisfactorios y se tiene que recurrir al control químico como medida complementaria al control genético. Por lo cual, el objetivo de la presente investigación fue determinar la efectividad biológica de los fungicidas Azoxistrobin 11.1% + Tebuconazole 18.4% y Tebuconazole 25% para el control de roya de la hoja y evaluar el nivel de resistencia que poseen seis variedades de cebada.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se establecieron durante el ciclo primavera-verano del 2018 en tres ambientes de temporal representativos de las regiones productoras de cebada de los Valles Altos de México: 1) Santa Lucia, Texcoco, Estado de México - Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de México (INIFAP-CEVAMEX) ubicado a 19° 51’ 48.4" LN y 98° 53’ 14.29" LO y una altitud de 2 272 msnm; 2) Temascalapa, Estado de México ubicada a 19° 51’ 48.4" LN, 98° 51’ 17” LO y una altura de 2 323 msnm; 3) Unión Ejidal, Tierra y Libertad (La Unión), Tlaxco, Tlaxcala a 19° 39’ 51.6" LN, 98° 19’ 56.7" LO a 2 521 msnm.

El diseño experimental utilizado en cada ambiente fue bloques completos al azar con arreglo factorial (6 × 3) y cuatro repeticiones. La unidad experimental fue de cuatros surcos de tres metros de largo y espaciado a 30 cm, que corresponde a una superficie de 3.6 $m^{2,}$ considerada como parcela útil.

Los fungicidas probados fueron Azoxistrobin 11.1% + Tebuconazole 18.4% (Azimut® 320 SC) y Tebuconazole 25% (Folicur® 25 EW) aplicando la dosis recomendada por el fabricante (0.7 L ha^{-1} para Azoxistrobin 11.1% + Tebuconazole 18.4%) y (0.5 L ha^{-1} para Tebuconazole 25%). En todos los tratamientos se utilizó el coadyuvante poliéter polimetilsiloxano copolímero (Break Thru®) a una dosis de 0.25 L ha^{-1}. La aplicación de los diferentes fungicidas se realizó dos veces, la primera a los 50 días después de la siembra y la segunda a los 20 días después de la primera aplicación. Para comparar el efecto de los fungicidas, se establecieron parcelas testigo (sin fungicida) en cada una de las variedades evaluadas.

La incidencia de la roya de la hoja se presentó de forma natural, ya que las tres localidades presentan condiciones climáticas favorables para el desarrollo del patógeno tales como períodos largos de humedad (±72 horas) y temperaturas de 10 a 25°C [3].

Se evaluaron seis variedades de cebada; Apizaco, Esmeralda y Maravilla liberadas y recomendadas para temporal por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), reportadas como susceptible, moderadamente resistente y resistente a la enfermedad, respectivamente; Doña Josefa (ampliamente sembrada en temporal) liberada por el Instituto de Investigación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México (ICAMEX), AC Metcalfe y ABI Voyager, variedades de Canadá y USA respectivamente de reciente introducción al país y recomendadas vía convenio por los consorcios cerveceros para su producción en

México. Todas las variedades son de tipo de crecimiento de primavera; las cuatro primeras son de seis hileras; mientras que, las últimas dos corresponden a variedades de dos hileras.

Se registraron las variables días a espigamiento (DE): días transcurridos desde la siembra hasta el momento en que el 50% de las plantas presentaron espigas visibles; días a madurez fisiológica (DM): días transcurridos desde la siembra hasta el momento en que el pedúnculo cambia a un color amarillo; altura de planta (AP): altura en centímetros desde la superficie del suelo hasta la punta de la espiguilla terminal de la espiga principal o superior; rendimiento de grano (REND): peso de grano producido por todas las espigas de cada parcela útil, registrado en gramos y transformado en kg ha^{-1}; peso hectolítrico (PH): peso del grano por unidad de volumen; y, severidad final de la enfermedad (SFE): nivel máximo del área foliar dañada, registrada en porcentaje y utilizando la escala modificada de Cobb propuesta por [14], y la respuesta del hospedante a la infección se determinó de acuerdo con [15], donde R: resistente, uredinios diminutos; MR: moderada resistencia, uredinios pequeños; MS: moderada susceptibilidad, uredinios pequeños de tamaño moderado y S: susceptible, uredinios grandes.

Los valores de la variable SFE fueron transformados para tener una distribución normal de los datos en el análisis de varianza. Sin embargo, para analizar el comportamiento promedio, se utilizaron los valores en porcentaje, para una mejor observación de la magnitud de la enfermedad (severidad y respuesta del hospedante).

Los datos de las variables obtenidas fueron analizados estadísticamente por localidad y de manera conjunta con el programa SAS® 9.3 [16] y se realizaron comparaciones de medias para las variables en estudio mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 ANÁLISIS DE VARIANZA

Los análisis estadísticos de los datos mostraron un comportamiento con tendencia similar en cada una de las localidades evaluadas, esto se confirmó al realizar el análisis estadístico combinado con las tres localidades de estudio. Con base en los resultados obtenidos del análisis estadístico conjunto (Tabla 1), se observó significancia estadística alta para todas las variables evaluadas. Para DE, los resultados mostraron significancia estadística alta para variedades, localidades y la interacción variedad*localidad, lo que indica un comportamiento distinto entre las variedades cuya expresión de los genotipos está condicionada por el ambiente [17].

Tabla 1. Cuadros medios del análisis de varianza para variables agronómicas y de severidad en seis variedades de cebada. Ciclo P-V/2018

FV	GL	DE	DM	AP	PH	SFE	REND
Variedad (V)	5	1256.8**	1164.3**	627.8**	121.7**	413.3**	5293084.0**
Fungicida (F)	2	0.5^{ns}	331.5**	18.9^{ns}	120.5**	10337.5**	4527259.8**
Localidad (L)	2	469.3**	24.8*	17797.7**	1309.7**	3732.6**	137353159**
Repetición (R)	3	0.9	23.9	48.1	5.1	7.8	365338.3
F x R	6	1.2^{ns}	9.23^{ns}	5.2^{ns}	2.9^{ns}	5.4^{ns}	113032^{ns}
V x F	10	1.1^{ns}	8.2^{ns}	8.0^{ns}	13.0**	433.0**	283892.8^{ns}
L x F	4	1.3^{ns}	78.9**	19.6^{ns}	22.5**	1688.1**	501371.6^{ns}
V x L	10	37**	251.8^{ns}	209.3**	23.6**	58.1^{ns}	1256762**
Error	173	1.6	9.1	14.6	2.6	35.9	214914.8
CV (%)		2.1	2.5	6.00	2.8	65.7	18.6

**, **: Nivel de significancia p≤ 0.05 y p≤ 0.01, respectivamente; ns: no significativo; FV: factor de variación; GL: grados de libertad; DE: días a espigamiento; DM: días a madurez, AP: altura de planta; PH: peso hectolítrico; REND: rendimiento de grano; SFE: severidad final de la enfermedad.*

Para DM, se observaron diferencias estadísticas altas para variedades, fungicidas y la interacción fungicida*localidad, lo que evidencia que el comportamiento de esta variable está en función de los genotipos y de los fungicidas aplicados. Las localidades también condicionan la respuesta de esta variable [17]. En AP, las diferencias estadísticas altas fueron para variedades, localidades y variedad*localidad, estos resultados muestran que la dimensión de las plantas está en función de las variedades y del ambiente en donde fueron establecidos [17] y que los productos químicos no condicionaron este comportamiento.

Para la variable PH, se observaron diferencias significativas altas para variedades, fungicidas, localidades y sus respectivas interacciones. El peso hectolítrico es un parámetro de calidad que clasifica con base a su valor a cebadas adecuadas para maltería, por esta razón sus valores influyen en la calidad y el rendimiento de los productos terminados [3]. De acuerdo con la norma NMX-FF-043-SCFI-2003 las cebadas de seis hileras para ser consideradas en la industrialización cervecera, deben tener un valor mínimo de 56 kg hL^{-1}

y de 58 kg hL^{-1} en cebadas de dos hileras. Los resultados obtenidos indican que las variedades, los fungicidas aplicados y las localidades tienen un efecto significativo en los valores del PH del grano.

Para SFE se encontró significancia estadística alta para variedades, fungicidas, localidades y las interacciones variedad × fungicida y localidad × fungicida, lo que indica que los niveles de severidad de la enfermedad son contrastantes entre variedades, ambientes y productos químicos. [18] observaron niveles de variación alta en la severidad de la enfermedad entre sitios geográficamente similares. Para la variable REND, se observó significancia estadística alta en variedades, fungicidas, localidades y en la interacción variedad × localidad. Es importante destacar que la interacción, variedad × fungicida fue no significativa por lo que la respuesta del rendimiento podría estar relacionado con el potencial de rendimiento de cada variedad.

3.2 COMPARACIÓN DE MEDIAS

Los resultados de la comparación de medias de los fungicidas (Tabla 2), muestran un comportamiento contrastante entre los fungicidas para las variables DM, PH, REND y SFE; mientras que para DE y AP no se observaron diferencias estadísticas (Tukey, $p \leq 0.05$). Para DM Azoxistrobin 11.1% + Tebuconazole 18.4% ocasionó que las variedades fueran más tardías esto debido en parte a que dicho fungicida es a base de azoxistrobin perteneciente a la familia química de las estrobirulinas, que en su conjunto causan el efecto de retardación de senescencia (stay-green), dicho fenómeno también fue observado en trigo por [19].

Tabla 2. Comparación de medias de fungicidas aplicados en seis variedades de cebada en tres localidades. Ciclo P/V-2018

Fungicida	DE	DM	AP	PH	SFE (%)	REND
Azoxistrobin + Tebuconazole	58.8 a	123.8 a	64.3 a	59.5 a	2.0	2757.2 a
Tebuconazole	58.8 a	122.6 b	63.7 a	58.4 b	2.4	2737.8 b
Sin fungicida	58.7 a	119.6 c	63.4 a	56.9 c	23.0	2262.7 b
Media	58.8	122.0	63.8	58.3	9.1	2485.9
DSH (0.05)	0.4943	1.2	1.5	0.6		182.7

Valores con la misma letra dentro de columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey, p≤ 0.05). DE: días a espigamiento; DM: días a madurez fisiológica; AP: altura de planta; PH: peso por hectolitro (kg hL); REND: rendimiento de grano (kg ha^{-1}); SFE: severidad final de la enfermedad.

Para PH, los mayores valores se encontraron en los tratamientos con Azoxistrobin 11.1% + Tebuconazole 18.4%, seguido de Tebuconazole 25% y los menores valores se obtuvieron cuando no se aplicó ningún producto fungicida, estos resultados indican que los fungicidas influyeron en los niveles de infección de la roya de la hoja y por consiguiente en el valor del peso hectolítrico de las variedades [3].

En el caso de SFE se observó que, los tratamientos con fungicidas tuvieron un porcentaje reducido de la enfermedad (2%), mientras que cuando no se aplican fungicidas, la severidad final promedio alcanzó el 23%. El rendimiento de grano (REND), mostró valores promedio más altos en los tratamientos con Azoxistrobin 11.1% + Tebuconazole 18.4%, en cambio con Tebuconazole 25% y testigo sin aplicar, fueron estadísticamente similares para esta variable.

Al analizar el efecto de las localidades, los resultados obtenidos (Tabla 3), indican que, con excepción de DM, todas las variables estuvieron condicionadas por la localidad, lo que evidencia la importancia del ambiente en el comportamiento de los genotipos. Asimismo, [20] confirmaron la existencia de una fuerte variación de las condiciones ambientales en diferentes fechas de siembra, y años de prueba en cebada. Con base en los resultados, la localidad donde se presentó la mayor precocidad (DE; 56 días) fue Santa Lucia. Los mayores portes de planta se observaron en la localidad de La Unión y los menores, en Temascalapa.

Tabla 3. Valores promedio por localidad para variables agronómicas en tres localidades y seis variedades de cebada. Ciclo P/V-2018

Localidades	DE	DM	AP	PH	SFE (%)	REND
Temascalapa	60.3 a	121.4 a	48.0 c	59.0 b	17.3	1058.5 c
La Unión	60.1 a	122.1 a	79.5 a	62.2 a	6.3	3775.5 a
Santa Lucia	55.8 b	122.5 a	63.8 b	53.7 c	3.8	2653.7 b
Media	58.8	121.0	63.8	58.3	9.1	2485.9
DSH (0.05)	0.5	1.2	1.5	0.6		182.7

DE: días a espigamiento; DM: días a madurez fisiológica; AP: altura de planta; PH: peso por hectolitro (kg hL^{-1}); REND: rendimiento de grano (kg ha^{-1}); SFE: severidad final de la enfermedad. Medias con la misma letra dentro de columnas no son estadísticamente diferentes (Tukey p≤ 0.05).

El PH fue variable; en promedio, las localidades de Temascalapa y La Unión tuvieron valores de acuerdo con lo especificado por la norma, por el contrario, en la localidad de Santa Lucia, el valor promedio estuvo por debajo del valor mínimo requerido (56.0 kg hL^{-1}). En cuanto a SFE la mayor severidad para roya de la hoja se observó en la localidad de Temascalapa con un 17.3%; por otro lado, en La Unión y Santa Lucía el promedio de severidad fue menor a 7%.

Para REND, los mayores valores fueron obtenidos en la localidad de La Unión, seguido de Santa Lucia. El rendimiento promedio alcanzado en ambas localidades supero a la media general en un 53 y 7% respectivamente; en contraste con lo obtenido en la localidad de Temascalapa que presentó una disminución del 57%. Estos resultados están relacionados directamente con los portes de planta, ya que, en las localidades con mayores alturas de planta, se observaron los mayores rendimientos, probablemente por la mayor producción de biomasa.

El comportamiento promedio (Tabla 4) de cada variedad con base en su tratamiento químico mostró resultados estadísticamente diferentes para todas las variables evaluadas. Las variedades de seis hileras (Esmeralda, Apizaco y Doña Josefa) fueron en general, más precoces que las de dos hileras (AC Metcalfe y ABI Voyager). En Esmeralda se observaron los mayores valores de precocidad (DE y DM). Para DM se observó una tendencia numérica dentro de cada variedad, que incrementó la cantidad de días requeridos para llegar a esta etapa en los tratamientos con Azoxistrobin 11.1% + Tebuconazole 18.4% seguido de Tebuconazole 25%.

Tabla 4. Comportamiento promedio de seis variedades de cebada evaluadas en tres localidades. Ciclo P/V-2018

Tratamientos	DE	DM	AP	PH	SFE (%) -R	REND
Apizaco-Sf	55.2 cd	117.2 ed	61.0 edf	53.0 g	16 MS	1800.0 f
Apizaco-Teb	54.7 d	119.9 cd	61.7 edf	55.5 f	3 MR	1982.3 ef
Apizaco-Az+Teb	55.2 cd	120.8 cd	61.6 edf	57.8 dce	3 MR	2603.4 cedb
Esmeralda-Sf	50.8 e	111.1 f	59.0 ef	56.3 ef	27 MS	1864.2 f
Esmeralda-Teb	50.9 e	115.5 e	58.3 f	58.6 dceb	3 MR	2044.0 ef
Esmeralda-Az+Teb	50.7 e	117.3 ed	60.6 ef	58.9 cb	2 MR	2318.7 cedf
Doña Josefa-Sf	58.9 b	118.5 ed	60.7 ef	57.1 dcef	41 S	2759.7 cadb
Doña Josefa-Teb	59.8 b	123.3cb	60.7 ef	59.2 cb	3 MR	3063.0 ab
Doña Josefa-Az+Teb	59.4 b	123.8 cb	61.0 edf	60.5 ab	2 MR	3402.0 a
Maravilla-Sf	56.5 c	117.4 ed	63.7 cedf	57.3 dcef	18 MS	2425.2 cedbf
Maravilla-Teb	56.1 cd	118.4 ed	62.2 edf	57.7 dcef	2 MR	2754.8 cadb
Maravilla-Az+Teb	56.6 c	120.8 cd	64.5 cedb	56.4 def	2 MR	2879.4 cab
AC Metcalfe-Sf	65.7 a	127.3 ab	69.6 ab	58.8 dcb	24 MS	2154.4 edf
AC Metcalfe-Teb	66.4 a	129.5 a	69.4 ab	59.1 cb	2 MR	2413.8 cedbf
Ac Metcalfe-Az+Teb	66.2 a	130.2 a	70.50 a	61.7 a	2 MR	2373.6 cedf
ABI Voyager-Sf	64.8 a	126.3 ab	66.4 cadb	59.1 cb	12 MS	2392.8 cedbf
ABI Voyager-Teb	64.9 a	128.8 a	69.0 cab	60.5 ab	2 MR	2548.6 cedb
ABI Voyager-Az+Teb	64.8 a	130.2 a	67.9 cab	61.7 a	2 MR	2966.2 cab
DSH (0.05)	1.8	4.4	5.5	2.3		670.4

Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes (Tukey p≤ 0.05). DE: días a espigamiento, DM: días a madurez, AP: altura de planta, PH: peso hectolítrico, REND: rendimiento de grano en kg ha^{-1}, SFE: severidad final promedio de la enfermedad. Sf: sin fungicida, Az+Teb: Azoxistrobin + Tebuconazole, Teb=Tebuconazole; R=reacción; MR=moderada resistencia; MS=moderada susceptibilidad; S=susceptible.

En AP, se encontraron diferencias entre variedades; sin embargo, la aplicación de fungicidas no mostró diferencias estadísticas en el comportamiento de cada variedad respecto de aquellas sin tratamiento. Las plantas más altas fueron registradas en las variedades de dos hileras y las plantas de menor altura, en la variedad de seis hileras Esmeralda con el tratamiento de Tebuconazole 25%.

En el PH se dieron diferencias en función del producto aplicado tanto entre variedades como dentro de las mismas. Los mejores valores se obtuvieron en las variedades ABI Voyager y AC Metcalfe cuando se aplicó el tratamiento Azoxistrobin 11.1% + Tebuconazole 18.4%; en contraste con lo observado en Maravilla, donde se obtuvo el menor valor. Los menores valores de PH se presentaron en la variedad Apizaco con aplicación de Tebuconazole 25% y sin fungicidas. Además, estos dos tratamientos fueron los únicos que no cumplieron con el valor mínimo requerido de acuerdo con la norma establecida para su comercialización.

Para la SFE, las mayores severidades de RH se registraron en los tratamientos sin fungicida. Mientras que, con la aplicación de algún fungicida, se observó una respuesta satisfactoria para el control de la enfermedad. La mayor incidencia de roya de la hoja en los testigos

fue en las variedades Doña Josefa, Esmeralda y AC Metcalfe. En los que se aplicó fungicida, las diferencias encontradas fueron solo numéricas donde las variedades con Azoxistrobin 11.1% + Tebuconazole 18.4% resultaron ser ligeramente superiores a las de Tebuconazole 25%. De esta manera, Doña Josefa y AC Metcalfe con Azoxistrobin 11.1% + Tebuconazole 18.4% fueron numéricamente los mejores tratamientos.

El rendimiento de grano (Tabla 4) mostró una tendencia similar a lo observado en las variables antes mencionadas. En el tratamiento con el fungicida Azoxistrobin 11.1% + Tebuconazole 18.4% se obtuvieron los mayores rendimientos seguido de Tebuconazole al 25%. Los REND más altos se presentaron en la variedad Doña Josefa con la aplicación de Azoxistrobin 11.1% + Tebuconazole 18.4% y Tebuconazole al 25%; mientras que, en la variedad ABI Voyager solamente con la aplicación de Azoxistrobin 11.1% + Tebuconazole 18.4%. Los rendimientos más bajos fueron registrados en Apizaco y Esmeralda sin fungicida y con aplicación de Tebuconazole 25%. En todas las variedades evaluadas con excepción de Apizaco, no se observó significancia estadística de algún producto en comparación con su testigo.

3.3 Mermas En El Rendimiento De Grano

En la tabla 5 se presentan las pérdidas en rendimiento de grano causadas por la roya de la hoja en variedades comerciales de cebada sin aplicación de fungicida. En variedades susceptibles como Apizaco, la disminución en el rendimiento puede alcanzar 31%. En variedades moderadamente susceptibles a susceptibles como Doña Josefa, ABI Voyager, Maravilla y Esmeralda varían entre un 12% a 20% dependiendo del ambiente. En AC Metcalfe, variedad moderadamente resistente a RH tuvo una merma en su productividad de 9%.

Tabla 5. Pérdidas promedio en el rendimiento de grano ocasionadas por Puccinia hordei para tres localidades, seis variedades y el fungicida Azoxistrobin 11.1% + Tebuconazol 18.4%

Variedades	REND-SF	REND-CF	D-REND	P (%)
Apizaco	1800	2603	803	31
Esmeralda	1864	2319	455	20
Doña Josefa	2760	3402	642	19
ABI Voyager	2393	2966	573	19
Maravilla	2425	2879	454	16
AC Metcalfe	2154	2374	219	9

REND-SF: rendimiento de grano sin fungicida (kg ha^{-1}); REND-CF: rendimiento de grano con fungicida (kg ha^{-1}); D-REN: disminución del rendimiento de grano (kg ha^{-1}); P: porcentaje de pérdidas.

Evaluaciones realizadas por diversos autores reportaron resultados similares a los obtenidos en este estudio. [11] indican disminución en el rendimiento de grano ocasionadas por la roya de la hoja de cebada de 17 a 25%. Por otra parte, [12], reportan una merma de 32% en variedades susceptibles como Barsoy. En África [21] cuantificaron daños en el rendimiento por RH en variedades susceptibles del 58% para SSG 525, del 49% (Stirling) y un 39% para Clipper; para cultivares con resistencia fueron del 20%, 13% y 5% para B95/10, B94/2 y SSG 532 respectivamente. [13], mencionan que la afectación por RH puede alcanzar hasta 33% en la variedad susceptible Wysor. No obstante, [6] reportan pérdidas hasta de 62% en variedades susceptibles de cebada.

En los ambientes de producción del cultivo de cebada, es común la incidencia de roya de la hoja. El efecto de esta enfermedad en el rendimiento de grano es variable y la producción de grano obtenida es mayor en comparación con el daño ocasionado por roya lineal amarilla (RLA), donde las pérdidas del rendimiento pueden alcanzar hasta el 72%, como lo indican [22].

3.4 Severidad De La Enfermedad Por Ambiente

En la figura 1 se presenta la severidad final de la enfermedad en cada genotipo, tratamientos químicos y ambientes de evaluación, en la cual se puede apreciar que para todos los ambientes de evaluación sin la aplicación de fungicida la severidad de la enfermedad es mayor en comparación con la aplicación de cualquier fungicida.

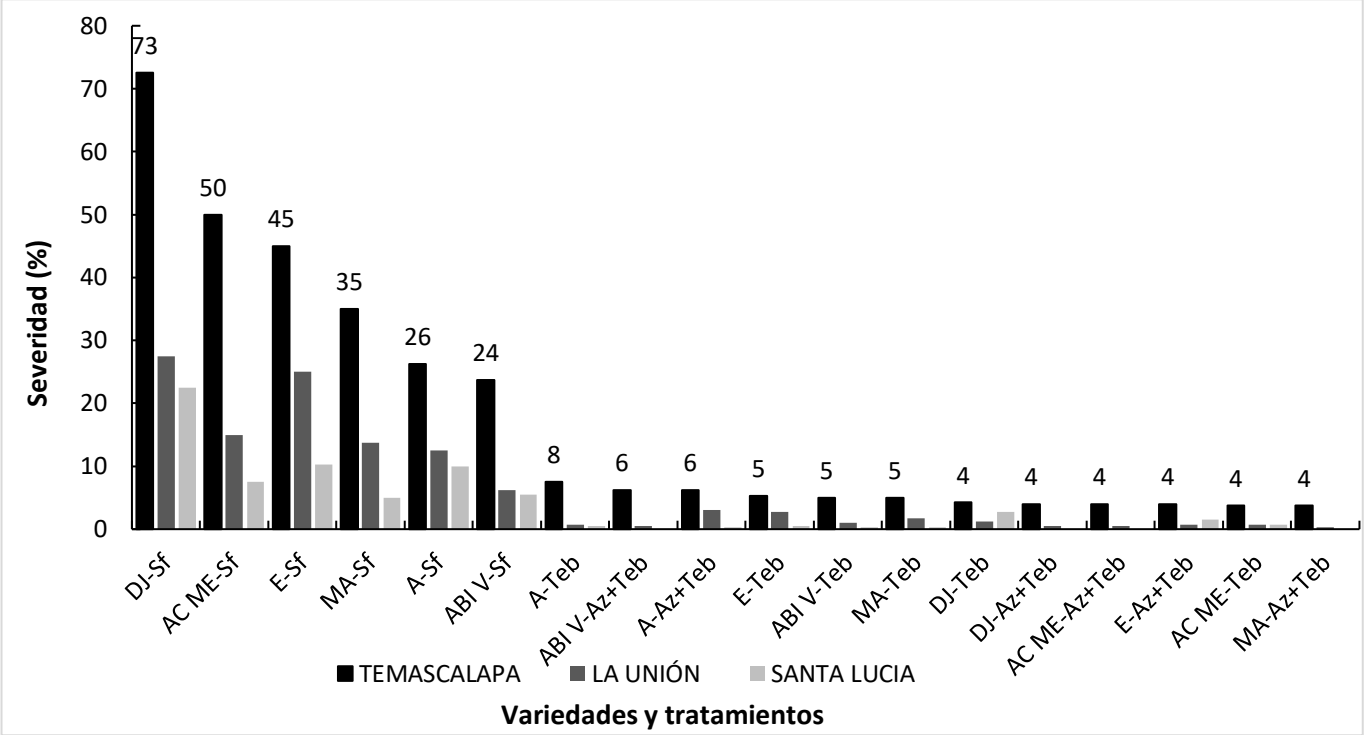


Fig. 1. Comportamiento promedio por localidad de la severidad final de la enfermedad en seis variedades de cebada con y sin aplicación de fungicidas. A=Apizaco; DJ=Doña Josefa; E=Esmeralda; MA=Maravilla; AC ME=Metcalfe; ABI V=Voyager; Sf=Sin fungicida; Az+Teb=Azoxistrobin+Tebuconazole; Teb=Tebuconazole

Sin aplicación de fungicida, en la localidad de Temascalapa fue donde se observó mayor severidad de RH. Todas las variedades en dicho ambiente fueron de susceptibles a moderada susceptibilidad; Doña Josefa sin fungicida tuvo una severidad final del 73%, seguida de AC Metcalfe (50%), Esmeralda (45%), Maravilla (35%), Apizaco (26%) y ABI Voyager (24%), lo que indica que los niveles de resistencia que poseen las variedades no son adecuados para ambientes donde la incidencia de la enfermedad es importante como la zona productora de cebada del norte del Estado de México.

Sin embargo, la aplicación de fungicida representa una alternativa eficaz para el control RH en variedades con niveles bajos de resistencia como lo es Doña Josefa, que con la aplicación de fungicida se observó una severidad final del 4%. Estos resultados coinciden con lo reportado por [13] quienes mencionan que con la aplicación de fungicida hay una disminución en el porcentaje del área foliar dañada en genotipos de cebada susceptibles a moderadamente susceptible a roya de la hoja.

Con base en los resultados obtenidos en esta investigación, el fungicida más eficaz para el control de la roya de la hoja en cebada fue Azoxistrobin 11.1% + Tebuconazole 18.4%, el cual redujo la severidad final de la enfermedad hasta en un 94% en comparación con el testigo como se observa en la variedad Doña Josefa; además, se registró un mayor rendimiento e incremento en el PH en las variedades cuando recibieron este tratamiento fúngico.

Dichos resultados coinciden con lo reportado por [23] y [3] quienes mencionan que al aplicar fungicida para el control de roya en cebada se reduce la severidad de la enfermedad y se aumenta el rendimiento. [24] y [25] reportan un incremento del rendimiento de grano hasta de 1 t ha^{-1} al aplicar fungicidas con relación al testigo, sin que se justifique la aplicación en variedades tolerantes. [26], obtuvieron un incremento en el rendimiento de cebada de 0.5 a 1 t ha^{-1} al aplicar fungicida. Por otra parte, [27] reportaron un control efectivo (> 85%) para roya de la hoja del trigo con la aplicación de Azoxistrobin + Tebuconazole y observaron un aumento en los componentes de rendimiento.

Una de las estrategias de control más efectiva para las royas en cereales es el mejoramiento genético; sin embargo, para cebada en México, las variedades actualmente recomendadas no poseen niveles de resistencia satisfactorios para roya de la hoja y se tiene que recurrir al control químico como medida complementaria al control genético como lo menciona [7]. Ante este panorama es importante considerar la variedad a sembrar y el fungicida por aplicar para tener un control eficiente como lo mencionan [4], quienes indican que, el control de enfermedades en la cebada depende en gran medida del uso combinado de fungicidas y variedades resistentes, junto con los procedimientos agronómicos apropiados.

4 CONCLUSIÓN

Se obtuvo una superioridad numérica de Azoxistrobin + Tebuconazole sobre Tebuconazole 25% en el control de roya de la hoja. El rendimiento de grano fue superior en los tratamientos con fungicidas, siendo Doña Josefa con aplicación de Azoxistrobin 11.1% + Tebuconazole 18.4% (3402 kg ha^{-1}) el mejor tratamiento. Las pérdidas en rendimiento de grano observadas estuvieron en función del nivel de resistencia de las variedades. La aplicación del fungicida a base de Azoxistrobin incrementó en promedio 4 días el ciclo de cultivo y en 496 kg el rendimiento de grano. Los resultados obtenidos permiten identificar los factores principales a considerar para el control eficiente de RH, destacando por su importancia la variedad a sembrar, el fungicida y el ambiente de producción.

AGRADECIMIENTO

Al proyecto de cebada: Mejoramiento genético de cebada para obtener líneas forrajeras de alta productividad y tolerantes a enfermedades No. SIGI: 12532434778.

REFERENCIAS

[1] Food and Agriculture Organization of the United Nations, «FAOSTAT» 2020 [Online] Disponible: http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC (Marzo, 2023).

[2] Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, «Producción Anual Agrícola» 2021 [Online] Disponible: https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/ (Marzo 15, 2023).

[3] M. González-González, M. Zamora-Díaz, R. Huerta-Zurita y S. Solano-Hernández, «Eficacia de tres fungicidas para controlar roya de la hoja en cebada maltera», *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas,* vol. 4, no. 8, pp. 1237-1250, 2013.

[4] D. R. Walters, A. Avrova, I. J. Bingham, F. J. Burnett, J. Fountaine, N. D. Havis, S. P. Hoad, G. Hughes, M. Looseley, S. J. P. Oxley, A. Renwick, C. F. E: Topp and A. C. Newton, «Control foliar diseases in barley: towards an integrated approach», *European Journal of Plant Pathology,* vol. 133, no. 1, pp. 33-73, 2012.

[5] O. P. Gangwar, S. C. Bhardwaj, G. P. Singh, P. Prasad and S. Kumar, «Barley diseases and their management: An Indian perspective», *Wheat and Barley Research,* vol. 10, no. 3, pp. 138-150, 2018.

[6] R. F. Park, P. G. Golegaonkar, L. Derevnina, K. S. Sandhu, H. Karaoglu, H. M. Elmansour, P. M. Dracatos and D. Singh, «Leaf rust of cultivated barley pathology and control», *Annual Review of Phytopathology,* vol. 53, pp. 565-589, 2015.

[7] M. F. Rodríguez-García, M. González-González, J. Huerta-Espino, S. Solano-Hernández y H. E. Villaseñor-Mir, «Control químico de la roya de la hoja en cebada en condiciones de temporal» *Revista Mexicana de Fitopatología* vol. 37 no. sup, pp. 88-89, 2019.

[8] K. S. Sandhu, H. Karaoglu and R. F. Park, «Pathogenic and genetic diversity in *Puccinia hordei* Otth in Australasia», *Journal of Plant Breeding and Crop Science,* vol. 8, no. 10, pp. 197-205, 2016.

[9] I. K. Dawson, J. Russell, W. Powell, B. Steffenson, W. T. B. Thomas and R. Waugh, «Barley: a translational model for adaptation to climate change», *New Phytologist,* vol. 206, no. 3, pp.913-931. 2015.

[10] M. J. Conry and B. Dunne, «Effects of nitrogen timing and frequency of fungicide applications on grain yields of winter barley in Ireland», *The Journal of Agricultural Science,* vol. 120, no. 2, pp. 181-186, 1993.

[11] V. Schoefl, V. Zinkernangel and J. A. Vereet, «Decision support system to control *Puccinia hordei* on barley based on disease threshold values and weather criteria», *46th International Symposium on Crop Protection,* United Kingdom 1992 to 1993, Gen Belgium, pp. 977-985, 1994.

[12] C. A. Griffey, M. K. Das, R. E. Baldwin and C. M. Waldenmaier, «Yield losses in winter barley resulting from a new race of *Puccinia hordei* in North America» *Plant Disease,* vol. 78, no. 3, pp. 256-260, 1994.

[13] M. K. Das, C. A. Griffey, R. E. Baldwin, C. M. Waldenmaier, M. E. Vaughn, A. M. Price and W. S. Brooks, «Host resistance and fungicide control of leaf rust (*Puccinia hordei*) in barley (*Hordeum vulgare*) and effects on grain yield and yield components», *Crop Protection,* vol. 26, no. 9, pp. 1422-1430, 2007.

[14] R. F. Peterson, A. B. Campbell and A. E. Hannah, «A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stem of cereals», *Canadian Journal of Research,* vol. 26c, no. 5, pp. 496-500, 1948.

[15] A. P. Roelfs, R. P. Singh y E. E. Saari, «Las Royas del trigo: conceptos y métodos para el manejo de esas enfermedades», *CIMMYT*. El Batán, Texcoco, Estado de Mexico. Manual técnico. 81 p. 1992.

[16] Statistical Analysis System (SAS), Release 9.3 for Windows, SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA, 2016.

[17] M. González-González, M. Zamora-Díaz y S. Solano-Hernández, «Evaluación agronómica y física en líneas avanzadas de cebada maltera,» *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas,* vol. 7, no. 1, pp. 159-171, 2016.

[18] H. E. Creissen, T. H. Jorgensen and J. K. M. Brown, «Increased yield stability of field-grown winter barley (*Hordeum vulgare* L.) varietal mixtures through ecological processes», *Crop Protection,* vol. 85, no. 7, pp. 1-8, 2016.

[19] L. A. Mariscal-Amaro, H. E. Villaseñor-Mir, E. Solís-Moya, R. Hortelano-Santa Rosa y E. Martínez-Cruz, «Efecto de fungicidas sobre caracteres agronómicos, rendimiento y tizones foliares en trigo de temporal en México», *Revista Fitotecnia Mexicana,* vol. 43, no. 1, pp. 71-78, 2020.

[20] J. Pérez-Ruiz, M. Zamora-Díaz, J. Mejía-Contreras, A. Hernández-Livera y S. Solano-Hernández, «Estabilidad del rendimiento de grano en cebada maltera en El Bajío, México», *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences,* vol. 32, no. 1, pp. 12-19, 2016.

[21] B. D. Niekerk, Z. A. Pretorius and W. H. P. Boshoff, «Potential yield losses caused by barley leaf rust and oat leaf and stem rust to South African barley and oat cultivars», *South African Journal of Plant and Soil,* vol. 18, no. 3, pp. 108-113, 2001.

[22] D. Marshall and R. L. Sutton, «Epidemiology of stripe rust, virulence of *Puccinia striiformis* f. sp. *hordei,* and yield loss in barley», *Plant Disease,* vol. 79, no. 7, pp. 732-737, 1995.

[23] H. Kanwar, P. S. Shekhawat, V. Kumar and B. D. S. Nathawat, «Evaluation of fungicides for the management of stripe rust (*Pucinia striiformis* f. sp. *hordei*) of barley», *Wheat and Barley Research,* vol. 10, no. 8, pp. 224-227, 2018.

[24] P. Sooväli and M. Koppel, «Efficacy of fungicide tebuconazole in barley varieties with different resistance level», *Agricultural and Food Science,* vol. 19, no. 1, pp. 34-42, 2009.

[25] I. J. Bingham, S. P. Hoad, W. T. B. Thomas and A. C. Newton, «Yield response to fungicide of spring barley genotypes differing in disease susceptibility and canopy structure», *Field Crops Research,* vol. 139, no. 12, pp. 9-19, 2012.

[26] L. N. Jørgensen, E. Noe, G. C. Nielsen, J. E. Jensen, J. E. Orum and H. O. Pinnschmidt, «Problems with disseminating information on disease control in cereals to farmers», *European Journal of Plant Pathology,* vol. 121, no. 3, pp. 303-312, 2008.

[27] J. P. Barro, C. T. Forte, D. Trentin, M. Scariot and P. M. Milanesi, «Effectiveness of different fungicide formulations and number of applications in controlling wheat leaf rust», *Summa Phytopathologica,* vol. 43, no. 4, pp. 276-280, 2017.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 4 Jun. 2023, pp. 1484-1494
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

La microempresa y su incidencia en economía ecuatoriana

[The micro-enterprise and its impact on the Ecuadorian economy]

Mabel Elizabeth Barriga Pizarro[1], Silvana Gabriela Echeverría Luna[2], Kathiuska Isabel Ruiz Ramirez[3], and Andreina Victoria Herrera Herrera[4]

[1]Gestora de la Unidad de Relaciones Internacionales, Relaciones Institucionales, Instituto Superior Tecnológico «Juan Bautista Aguirre» Magister en Contaduría Pública, Daule, Ecuador

[2]Docente Investigador, Instituto Superior Tecnológico «Juan Bautista Aguirre», Licenciada en Legua Inglesa mención en enseñanza y administración de sistemas en TEFL, Daule, Ecuador

[3]Docente Investigador, Instituto Superior Tecnológico «Juan Bautista Aguirre», Licenciado en lengua inglesa mención en enseñanza y administración en sistemas educativos TEFL, Magister en educación mención en Innovaciones Pedagógicas, Daule, Ecuador

[4]Docente Investigador, Instituto Superior Tecnológico «Juan Bautista Aguirre», Contador público autorizado, Magister en Gestión Educativa, Daule, Ecuador

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The main objective of this paper is to review microenterprises and their impact on the Ecuadorian economy, as well as the application of the new Microenterprise Regime and its impact on natural persons for the period 2019-2020. Serving as support and guidance on how they should benefit from the new Tax regime for micro-enterprises that has emerged as a result of the new Tax Simplification and Progress Law.

Through theoretical contributions from experts, the authors and the review of current regulations affirm that the new system fulfills its purpose, since its correct application will bring benefits to taxpayers, in addition to reducing the income tax rate, reducing year by year the number of declarations and finally, with the entry into force of this new regulation, taxpayers will no longer be considered withholding agents in the commercial operations they carry out.

Finally, for this analysis a qualitative and quantitative methodology was used, obtaining as a unit of analysis 242 microenterprises located in the cantonal capital of Daule, to which information was collected through a field survey.

KEYWORDS: Natural Persons, Micro-enterprises, Obligation, Regime, Tax Reforms.

INTRODUCCIÓN

Las pequeñas y medianas empresas (Pymes) son una parte fundamental de la economía ecuatoriana. Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), el 98% de las empresas en Ecuador son Pymes, generando alrededor del 70% del empleo en el país. Además, las Pymes tienen un impacto significativo en la economía local, ya que contribuyen al crecimiento del PIB y a la recaudación de impuestos. Sin embargo, a pesar de su importancia, las Pymes en Ecuador enfrentan diversos desafíos, como la falta de acceso a financiamiento, la falta de capacitación y la competencia desleal. En este marco teórico se abordará la importancia de las Pymes en la economía ecuatoriana, los desafíos que enfrentan y las políticas y programas que se han implementado para fomentar su desarrollo y fortalecimiento.

Corresponding Author: Mabel Elizabeth Barriga Pizarro

La economía ecuatoriana ha experimentado muchos cambios desde 1950 hasta el 2022, y las pequeñas y medianas empresas (PYMEs) han sido una parte importante de esta evolución. El país ha pasado por varios cambios en su política económica y social, lo que ha tenido un impacto en el desarrollo y crecimiento de las PYMES.

En la década de 1950, la economía ecuatoriana estaba dominada por la agricultura, la pesca y la explotación de petróleo. Las PYMES eran principalmente pequeños negocios familiares en el sector de la alimentación, la artesanía y la confección de ropa. La falta de infraestructura y financiamiento limitó el crecimiento de las PYMES durante este período.

En la década de 1960, el gobierno ecuatoriano implementó políticas de industrialización y sustitución de importaciones, lo que llevó a un aumento en la creación de PYMES en sectores como la construcción, la manufactura y la alimentación. Además, el Banco Central del Ecuador estableció programas de financiamiento y capacitación para las PYMES.

En los años 70 y 80, la economía ecuatoriana experimentó una crisis debido a la caída en los precios del petróleo y la deuda externa. Las PYMES fueron afectadas por la falta de crédito y el aumento de la competencia de productos importados. En respuesta, el gobierno implementó políticas de liberalización económica y privatización, lo que llevó a una disminución en la presencia de empresas estatales y un aumento en la inversión extranjera.

En la década de 1990, las PYMES ecuatorianas se beneficiaron del crecimiento económico del país, impulsado por la industria petrolera y el aumento de las exportaciones no petroleras. El gobierno estableció políticas de promoción de exportaciones y programas de financiamiento y capacitación para las PYMES. Sin embargo, la crisis financiera de 1999 afectó gravemente a las PYMES, muchas de las cuales tuvieron que cerrar debido a la falta de acceso a crédito y la disminución de la demanda interna y externa.

En los últimos años, las PYMES ecuatorianas han enfrentado desafíos en términos de acceso a financiamiento, infraestructura y tecnología. El gobierno ha implementado políticas para apoyar el crecimiento de las PYMES, incluyendo la simplificación de trámites y la creación de programas de financiamiento y capacitación. Además, el sector privado ha creado iniciativas para fomentar el emprendimiento y la innovación, como incubadoras de negocios y aceleradoras.

las PYMES han sido y siguen siendo un elemento clave en la economía ecuatoriana. A pesar de los desafíos que han enfrentado a lo largo de los años, han logrado adaptarse y crecer en un entorno cambiante. El gobierno y el sector privado deben seguir trabajando juntos para apoyar el desarrollo y crecimiento de las PYMES en el futuro.

Las Pequeñas y Medianas Empresas (PYMEs) son empresas de tamaño reducido que se caracterizan por tener una estructura organizativa sencilla, una capacidad productiva limitada y un ámbito de actuación local o regional. Por lo general, se considera que una empresa es PYME si cuenta con menos de 250 empleados y su facturación anual no supera el medio millón de dólares. En el Ecuador, se llama PYMES al conjunto de pequeñas y medianas empresas, que, de acuerdo al número de trabajadores, volumen de ventas, años en el mercado, y sus niveles de producción, activos, pasivos (que representan su capital) tienen características similares en sus procesos de crecimiento.

El concepto de PYME ha evolucionado a lo largo del tiempo. En la década de 1950, se comenzó a utilizar en Europa el término "pequeña y mediana empresa" para referirse a aquellas empresas que no eran grandes corporaciones ni pequeños negocios familiares. En la década de 1960, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) estableció criterios objetivos para definir a las PYMEs, basados en su tamaño, nivel de facturación y número de empleados.

En la década de 1970, las PYMEs comenzaron a ser consideradas como un factor clave para el desarrollo económico y social de los países, debido a su capacidad para generar empleo, fomentar la innovación y la competitividad, y contribuir al crecimiento económico. Las PYMEs son fundamentales en la economía mundial. En muchos países, representan la mayoría de las empresas y generan una gran parte del empleo y la actividad económica. Por esta razón, se han desarrollado políticas y programas para apoyar su crecimiento y desarrollo, y fomentar su competitividad en los mercados internacionales.

Las pequeñas y medianas empresas (PYMES) en Latinoamérica son fundamentales para el desarrollo económico y social de la región. Representan una parte significativa del sector empresarial y generan empleo e ingresos para millones de personas.

Sin embargo, las PYMES en Latinoamérica enfrentan diversos desafíos que dificultan su crecimiento y sostenibilidad. Entre ellos se encuentran la falta de acceso a financiamiento, la falta de capacitación empresarial, la falta de tecnología y de innovación, la informalidad y la competencia desleal, entre otros.

A pesar de estos desafíos, existen iniciativas y programas gubernamentales y privados destinados a apoyar a las PYMES en la región. Estos programas ofrecen capacitación, asesoría técnica, financiamiento y otros recursos para mejorar la competitividad y el éxito de las PYMES, representando ser un elemento clave para el desarrollo económico y social de

Latinoamérica. Aunque enfrentan desafíos importantes, existen iniciativas y programas destinados a apoyar su crecimiento y sostenibilidad.

IMPORTANCIA DE LAS PYMES EN LA ECONOMÍA ECUATORIANA

Las Pymes son una pieza clave para el desarrollo económico de cualquier país, y Ecuador no es la excepción. Según el Banco Central del Ecuador (BCE), las Pymes representan el 45% del PIB del país y generan el 70% del empleo formal. Además, las Pymes son un motor de la innovación y el emprendimiento, contribuyendo a la diversificación de la economía y a la generación de nuevas oportunidades de negocio.

Las Pymes también tienen un impacto positivo en las comunidades locales, ya que suelen estar ubicadas en áreas rurales o periurbanas, y generan empleo y oportunidades económicas para la población local. Además, las Pymes suelen tener una estructura empresarial más flexible que las grandes empresas, lo que les permite adaptarse más rápidamente a las condiciones del mercado y a las necesidades de los consumidores.

DESAFÍOS QUE ENFRENTAN LAS PYMES EN ECUADOR

A pesar de su importancia, las Pymes en Ecuador enfrentan diversos desafíos que limitan su capacidad de crecimiento y desarrollo. Uno de los principales desafíos es la falta de acceso a financiamiento. Según [3], el acceso al financiamiento es uno de los principales obstáculos para el crecimiento de las Pymes en Ecuador. Muchas Pymes tienen dificultades para obtener crédito debido a la falta de garantías y la falta de historial crediticio. Además, los altos costos de los préstamos y la falta de información sobre las opciones de financiamiento disponibles también limitan el acceso de las Pymes al crédito.

Otro desafío importante es la falta de capacitación y asesoramiento. Según [2], la capacitación en áreas como marketing, finanzas y tecnología puede ayudar a las Pymes a mejorar su productividad y competitividad. Sin embargo, muchas Pymes en Ecuador tienen poco acceso a capacitación y asesoramiento especializado, lo que limita su capacidad de innovar y mejorar su desempeño empresarial.

La competencia desleal es otro desafío importante que enfrentan las Pymes en Ecuador. Muchas Pymes tienen dificultades para competir con las grandes empresas y las empresas extranjeras que operan en el país, ya que estas suelen tener mayores recursos y una posición dominante en el mercado. Además, la falta de regulación y control en algunos sectores también puede favorecer la competencia desleal y la concentración del mercado.

Para fomentar el desarrollo de las Pymes en Ecuador, el gobierno ha implementado diversas políticas y programas. Uno de los programas más importantes es el programa de Fondos de Financiamiento Productivo (FFP) del Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca. Este programa proporciona financiamiento a las Pymes a través de líneas de crédito y préstamos con tasas de interés preferenciales y plazos flexibles. Además, el programa también ofrece asesoramiento y capacitación a las Pymes para mejorar su desempeño empresarial y su acceso al financiamiento.

LAS PYMES EN LA ECONOMÍA MUNDIAL

Las pequeñas y medianas empresas (PYMES) son una parte importante de la economía de muchos países en todo el mundo. El origen de las PYMES se remonta a la Revolución Industrial en el siglo XVIII, cuando se produjo un cambio significativo en la forma en que se fabricaban los productos. La maquinaria y la tecnología moderna hicieron posible la producción en masa y la producción a gran escala. Esto permitió a las grandes empresas producir bienes a un costo más bajo, lo que a su vez les permitió vender sus productos a precios más bajos que los pequeños fabricantes.

Las Pequeñas y Medianas Empresas son un elemento fundamental en la economía mundial. A nivel global, se estima que las PYMES representan entre el 90% y el 95% de todas las empresas, generando aproximadamente el 60% del empleo total y contribuyendo significativamente al crecimiento económico.

Estas tienen un papel crucial en la innovación y el desarrollo económico, ya que son capaces de adaptarse rápidamente a las condiciones cambiantes del mercado y pueden impulsar la innovación y la creatividad en una amplia gama de sectores. Además, suelen tener una mayor capacidad para atender a nichos específicos de mercado y proporcionar bienes y servicios de alta calidad.

En muchos países, las PYMES también son una fuente importante de emprendimiento y creación de empleo, lo que contribuye al fortalecimiento de la economía local y nacional. A menudo, las PYMES son empresas familiares o de propiedad local, lo que las hace más propensas a reinvertir sus ganancias en la comunidad local.

Sin embargo, las PYMES también enfrentan desafíos significativos en la economía mundial, como la falta de acceso a financiamiento, la competencia de grandes empresas y la falta de recursos y capacidades para competir en el mercado global. A pesar de estos desafíos, estas siguen siendo una parte vital de la economía global y es importante apoyarlas y fomentar su crecimiento y desarrollo.

Ante este escenario, muchos pequeños fabricantes comenzaron a organizarse en cooperativas y asociaciones para poder competir con las grandes empresas. A medida que estas pequeñas empresas comenzaron a crecer, se convirtieron en las PYMES que conocemos hoy en día.

El desarrollo de las PYMES también estuvo influenciado por los cambios en las políticas gubernamentales en diferentes países. Muchos gobiernos reconocieron la importancia de las PYMES para la economía y comenzaron a implementar políticas para fomentar su crecimiento y desarrollo. Estas políticas incluyen incentivos fiscales, préstamos a tasas preferenciales, programas de capacitación y asesoramiento empresarial.

Otro factor que contribuyó al surgimiento y crecimiento de las PYMES fue la globalización. A medida que las empresas comenzaron a expandirse a nivel mundial, muchas de ellas encontraron que la mejor manera de hacerlo era mediante la contratación de proveedores locales. Esto creó una mayor demanda de productos y servicios de las PYMES y, como resultado, muchas de ellas crecieron y se expandieron.

El origen de estas se remonta a la Revolución Industrial y ha sido influenciado por una serie de factores, incluyendo cambios en las políticas gubernamentales, la globalización y la organización de pequeños fabricantes en cooperativas y asociaciones. Las PYMES son una parte importante de la economía mundial y continúan desempeñando un papel fundamental en el crecimiento y desarrollo de las economías locales y nacionales.

Las Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES) tienen una larga historia que se remonta a la época medieval en Europa, donde se crearon gremios y asociaciones de artesanos y comerciantes. Sin embargo, fue en la Revolución Industrial del siglo XVIII y XIX donde se produjo un auge de la creación de pequeñas empresas debido a la introducción de nuevas tecnologías y la aparición de nuevos mercados.

En la actualidad, el surgimiento de las PYMES está estrechamente relacionado con los procesos de globalización y la liberalización económica. El crecimiento de las grandes empresas y la externalización de servicios y procesos han permitido a los emprendedores identificar nuevas oportunidades de mercado y crear empresas más pequeñas y ágiles que se adapten mejor a las necesidades específicas de los consumidores. Otro factor importante en el origen de las PYMES es la disponibilidad de financiamiento. En muchos países, existen programas gubernamentales y privados que ofrecen préstamos y otros tipos de apoyo financiero para ayudar a los emprendedores a iniciar y hacer crecer sus empresas. Además, la aparición de nuevas formas de financiamiento como el crowdfunding ha permitido a los emprendedores acceder a recursos de financiamiento sin tener que recurrir a los canales tradicionales.

El origen de las PYMES es el resultado de una combinación de factores históricos, económicos y financieros que han creado un ambiente propicio para el emprendimiento y la creación de nuevas empresas. A medida que la economía global continúa evolucionando, es probable que sigan surgiendo nuevas oportunidades para los emprendedores y las PYMES. Las pequeñas y medianas empresas (PYMES) en Latinoamérica han enfrentado una serie de desafíos durante los años 2020 y 2021 debido a la pandemia de COVID-19 y sus efectos económicos. Sin embargo, en general, se espera que las PYMES en la región continúen creciendo y aportando al desarrollo económico en los próximos años.

Durante el 2020, muchas PYMES en Latinoamérica sufrieron una caída en sus ventas y una disminución en su capacidad de producción debido a los cierres de negocios y las restricciones de movilidad impuestas para controlar la propagación del virus. Además, muchas PYMES también enfrentaron dificultades para acceder a financiamiento y apoyo gubernamental.

Sin embargo, algunas PYMES pudieron adaptarse y encontrar nuevas oportunidades de negocio durante la pandemia, como el comercio electrónico y la producción de productos esenciales como equipos de protección personal. Además, algunos gobiernos de la región implementaron programas de apoyo para ayudar a las PYMES a sobrevivir la crisis.

En el 2021, se espera que las PYMES en Latinoamérica continúen enfrentando desafíos como la volatilidad económica, la incertidumbre y la competencia global. Sin embargo, también existen oportunidades para que las PYMES crezcan, especialmente a medida que la economía se recupera y las empresas buscan formas de diversificar y fortalecer sus operaciones.

Algunas tendencias que podrían impactar a las PYMES en Latinoamérica en los próximos años incluyen una mayor adopción de tecnología, el aumento del comercio electrónico, la necesidad de adaptarse a los cambios en las cadenas de suministro globales y la importancia de la sostenibilidad y la responsabilidad social empresarial.

En general, se espera que las PYMES en Latinoamérica continúen siendo un motor importante de crecimiento económico y generación de empleo en la región en los próximos años, a pesar de los desafíos actuales y futuros.

Las Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES) en Latinoamérica enfrentan una serie de desafíos que pueden limitar su crecimiento y supervivencia. Algunos de estos desafíos incluyen:

- Acceso al financiamiento: Las PYMES en Latinoamérica a menudo tienen dificultades para acceder a financiamiento debido a la falta de garantías o historial crediticio. Los altos intereses y requisitos de las instituciones financieras también pueden limitar el acceso al crédito
- Competencia desleal: La competencia desleal de empresas grandes y/o informales puede dificultar la capacidad de las PYMES para competir en el mercado
- Falta de capacitación y recursos: Las PYMES a menudo tienen recursos limitados y pueden carecer de capacitación y experiencia en áreas como marketing, tecnología y gestión empresarial
- Burocracia: La burocracia excesiva y la complejidad de los trámites administrativos pueden hacer que sea difícil para las PYMES cumplir con las regulaciones y obtener los permisos necesarios para operar
- Problemas de infraestructura: La falta de infraestructura adecuada, como carreteras, transporte público y servicios públicos confiables, puede dificultar el crecimiento y la expansión de las PYMES
- Inestabilidad política y económica: La inestabilidad política y económica en la región puede crear incertidumbre para las PYMES, lo que puede limitar su capacidad para planificar y tomar decisiones a largo plazo

Para superar estos desafíos, las PYMES en Latinoamérica pueden buscar soluciones como la colaboración y asociación con otras empresas, la adopción de tecnología y la capacitación del personal para mejorar la productividad y la calidad del producto, y la búsqueda de apoyo de organismos gubernamentales y organizaciones no gubernamentales que ofrecen recursos y programas para el desarrollo empresarial.

En Ecuador el presupuesto general del estado está conformado por los ingresos petroleros en un 30 %, los ingresos no petroleros que constituyen el 10 % y los ingresos tributarios que conforman el 60 %. Entre los ingresos tributarios tenemos a los recaudados por el Servicios de Rentas Internas (SRI), entidad administradora que se encarga de recaudar el 50% de impuestos para el estado ecuatoriano.

La recaudación de los impuestos en el Ecuador constituye una de las mayores fuentes de ingresos y ha sido un pilar fundamental en el sistema tributario actual. A pesar del gran crecimiento que ha tenido la recaudación de los tributos los últimos años debido a la administración y las reformas tributarias, la evasión de impuestos sigue siendo un problema económico y tributario.

Con el objetivo de asegurar la sostenibilidad tributaria a largo plazo, se promulgó la Ley Orgánica de Simplificación y Progresión Tributaria, publicada el 31 de diciembre de 2019, mediante el primer suplemento del Registro Oficial N° 111, y entro en vigencia en febrero del 2020. Entre los cambios, destaca el nuevo régimen Impositivo para microempresas. El impuesto se aplica a los empresarios que cumplen con las condiciones para la microempresa establecidas en el Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones. a menos que estén dentro de los límites especificados en la norma (Tributarios, 2021).

En el actual régimen tributario de la microempresa ecuatoriana, se ha identificado la existencia de diferentes leyes y reglamentos para facilitar el pago de impuestos, bonificaciones, exenciones, beneficios, anticipos, condonación de deudas pendientes y exenciones tributarias, en las que pueden participar directamente las microempresas. En este sentido, el Servicio de Rentas Internas (SRI) ha revelado un dato interesante relacionado con los resultados de la última desgravación fiscal, se aceptaron cerca de 350.000 empresas en todo el Ecuador, de las cuales el 99 % son microempresas (Zamora-Pucha, 2020).

Las microempresas juegan un papel importante en la creación de empleo y la generación de ingresos. Estas empresas son más eficientes en la economía nacional ya que crean empleo, puestos de trabajo y pueden brindar oportunidades de generación de ingresos para grupos de escasos económicos.

Se considera que la reforma tributaria mejora la eficiencia de la administración tributaria y maximiza los beneficios económicos y sociales que puede traer el sistema tributario; además, reduce la evasión y elusión tributaria, lo que permite una recaudación de impuestos más eficiente, justa y eficaz para financiar bienes y servicios y mantener niveles de ingresos sostenibles.

METODOLOGÍA

POBLACIÓN Y MUESTRA

Según (Censos, 2020) manifiesta que, el trabajo de investigación el número de contribuyentes con que se lleva a cabo en 2.154 microempresas ubicadas en la cabecera cantonal de Daule. López (2004) indica que la muestra, es un subconjunto o parte del universo o la totalidad en el que se llevará a cabo la investigación. Existe un procedimiento para obtener el monto del componente de muestra, como fórmulas, lógico y otros componentes que verá más adelante. La muestra es una parte representativa de la población.

Para calcular la muestra se usará la siguiente formula:

$$n= \frac{P * Q * Z^2 * N}{N * E^2 * + Z^2 * P * Q}$$

$$n= \frac{0.5 * 0.5 * 1.652 * 2154}{2154 * 0.052 + 1.652 * 0.5 * 0.5}$$

$$n= \frac{1.466,06625}{6,065625}$$

n= 242

ANÁLISIS DE LOS DATOS

Las microempresas son pequeñas empresas que emplean a un número reducido de trabajadores y tienen una facturación anual limitada. En Ecuador, estas empresas son una parte fundamental de la economía nacional. Según datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), en el año 2020, el 98,7% de las empresas registradas en el país eran microempresas.

La incidencia de las microempresas en la economía ecuatoriana es significativa. En primer lugar, son generadoras de empleo, lo que contribuye a reducir el desempleo y mejorar la calidad de vida de las personas. Según el INEC, las microempresas emplean a más del 50% de la fuerza laboral del país. Además, muchas de estas empresas son familiares y suelen contratar a miembros de la misma familia, lo que les permite obtener ingresos adicionales.

Otro aspecto importante es que las microempresas son una fuente importante de innovación y emprendimiento. Muchas de ellas surgen como resultado de la creatividad y la iniciativa de emprendedores que buscan satisfacer las necesidades de los consumidores en un mercado en constante evolución. Además, estas empresas a menudo experimentan con nuevas tecnologías y procesos de producción, lo que puede contribuir al desarrollo de la economía en su conjunto.

Sin embargo, las microempresas también enfrentan una serie de desafíos. En primer lugar, muchas de ellas tienen dificultades para acceder a financiamiento, lo que limita su capacidad para invertir en maquinaria, tecnología y capacitación. Además, la falta de recursos humanos y financieros también puede limitar su capacidad para expandirse y aumentar su productividad. Por otro lado, muchas de estas empresas también enfrentan dificultades para competir con empresas más grandes y establecidas, lo que puede limitar su capacidad para crecer y prosperar.

Los datos respectivo a una encuesta sobre el nuevo régimen de micro empresa se detalla a continuación:

Tabla 1. Género de los encuestados

Género		
Respuestas	**Encuestados**	**Porcentaje**
Masculino	95	39%
Femenino	84	35%
Prefiere Omitirlo	63	26%
Total	**242**	**100%**

Elaborado por: Autores

Pregunta N° 1 Género de los encuestados

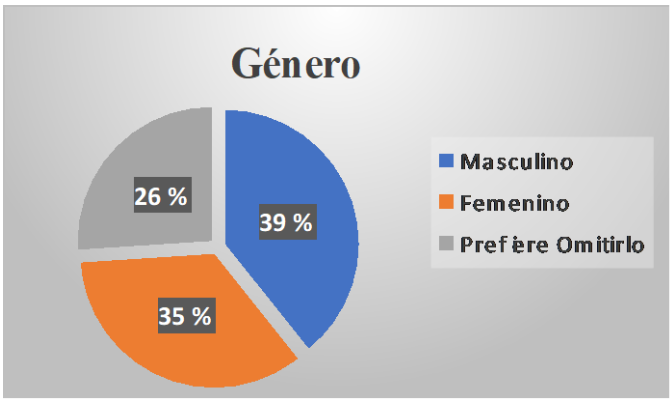


Fig. 1. Género de los encuestados

Elaborado por: Autores

Esta encuesta nos muestra que el 39% corresponde al género masculino, el 35% femenino y el 26% prefirió omitir su género.

Pregunta N°2 ¿Usted ha escuchado acerca del nuevo Régimen para Microempresas?

Tabla 2. ¿Usted ha escuchado acerca del nuevo Régimen para Microempresas?

¿Usted ha escuchado acerca del nuevo Régimen para Microempresas?		
Respuestas	**Encuestados**	**Porcentaje**
Si	73	30%
No	169	70%
Total	**242**	**100%**

Elaborado por: Autores

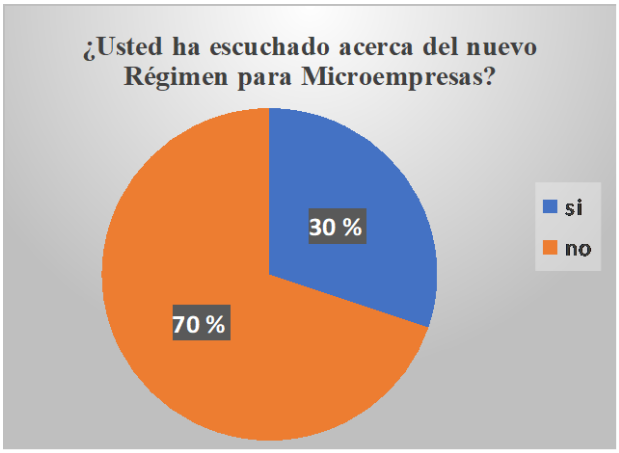


Fig. 2. ¿Usted ha escuchado acerca del nuevo Régimen para Microempresas?

Elaborado por: Autores

Según los datos recolectados el 30% de los encuestados si conoce el nuevo régimen para microempresas y el 70% no conocen este nuevo régimen.

Pregunta N°3 ¿Cómo ve usted este nuevo régimen simplificado para microempresas?

Tabla 3. ¿Cómo ve usted este nuevo régimen simplificado para microempresas?

¿Cómo ve usted este nuevo régimen simplificado para microempresas?		
Respuesta	**Encuestados**	**Porcentaje**
Importante	102	38%
Muy Importante	88	44%
Poco Importante	39	17%
Sin Importancia	3	1%
Total	**242**	**100%**

Elaborado por: Autores

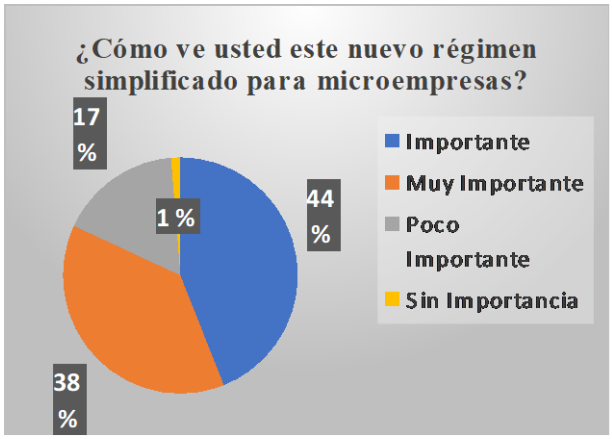


Fig. 3. ¿Cómo ve usted este nuevo régimen simplificado para microempresas?

Elaborado por: Autores

En este gráfico nos demuestra que el nuevo régimen simplificado para microempresas es muy importante en nuestra sociedad constando un 44% su importancia, con un 38% importante, un 17% poco importante y un 1 % sin importancia.

Pregunta N° 4 ¿Tiene alguna idea de cómo es el tratamiento hacia los nuevos contribuyentes en este régimen?

Tabla 4. ¿Tiene alguna idea de cómo es el tratamiento hacia los nuevos contribuyentes en este régimen?

¿Tiene alguna idea de cómo es el tratamiento hacia los nuevos contribuyentes en este régimen?		
Respuestas	**Encuestados**	**Porcentaje**
Si	97	40%
No	145	5%
Total	**242**	**100%**

Elaborado por: Autores

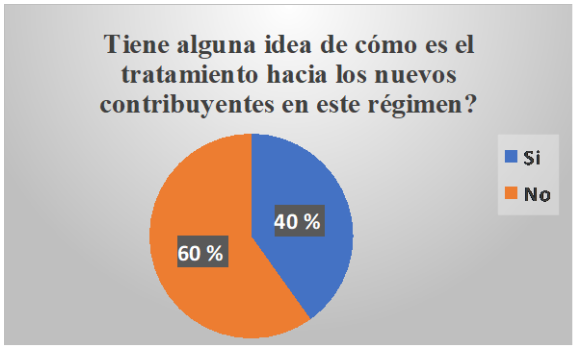


Fig. 4. ¿Tiene alguna idea de cómo es el tratamiento hacia los nuevos contribuyentes en este régimen?

Elaborado por: Autores

Según las encuestas realizadas a 242 personas nos indican que el 60% no conocen como es el tratamiento hacia los contribuyentes en este régimen y el 40% restante si lo conocen.

Pregunta N° 5 ¿Conoce usted cuales son las responsabilidades formales que se presentan en el régimen de la microempresa?

Tabla 5. ¿Conoce usted cuales son las responsabilidades formales que se presentan en el régimen de la microempresa?

¿Conoce usted cuáles son las responsabilidades formales que se presentan en el régimen de la microempresa?		
Respuestas	**Encuestados**	**Porcentaje**
Si	88	36%
No	154	64%
Total	**242**	**100%**

Elaborado por: Autores

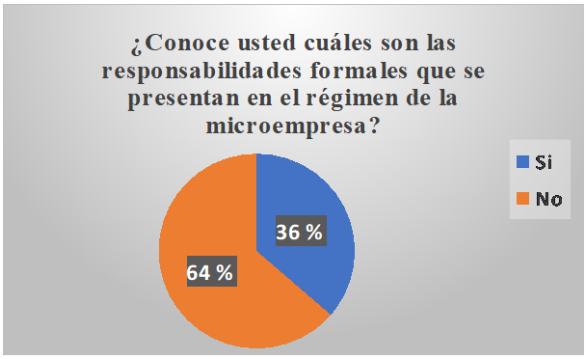


Fig. 5. ¿Conoce usted cuales son las responsabilidades formales que se presentan en el régimen de la microempresa?

Elaborado por: Autores

Las responsabilidades formales para las microempresas son muy importantes, aunque existe desconocimiento por parte de las personas naturales acerca de este nuevo régimen obteniendo un 64% que desconocen aún las responsabilidades formales que se presentan en este nuevo régimen por el contrario de un 36% quienes indican que si conocen las responsabilidades formales.

Pregunta N°6 ¿Usted sabe cuáles son los beneficios que tiene este régimen para las microempresas?

Tabla 6. ¿Usted sabe cuáles son los beneficios que tiene este régimen para las microempresas?

¿Usted sabe cuáles son los beneficios que tiene este régimen para las microempresas?		
Respuestas	**Encuestados**	**Porcentaje**
Si	84	35%
No	158	65%
Total	**242**	**100%**

Elaborado por: Autores

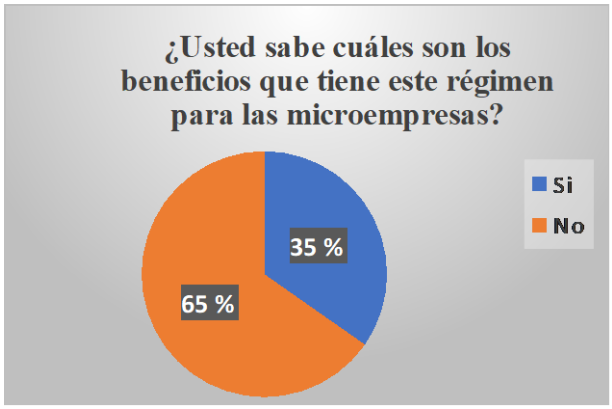


Fig. 6. ¿Usted sabe cuáles son los beneficios que tiene este régimen para las microempresas?

Elaborado por: Autores

La encuesta realizada refleja que el 65% no conoce los beneficios que tiene el nuevo régimen para las microempresas, y un 35% si tienen conocimientos.

DISCUSIÓN

La discusión sobre la incidencia de la microempresa en la economía ecuatoriana es importante ya que este sector es una fuente significativa de empleo, ingresos y riqueza en el país. A pesar de su importancia, las microempresas enfrentan numerosos desafíos que limitan su capacidad para crecer y competir en un mercado cada vez más globalizado.

Uno de los principales desafíos que enfrentan las microempresas en Ecuador es la falta de acceso a financiamiento. Muchas empresas pequeñas tienen dificultades para obtener préstamos y financiamiento debido a la falta de garantías y la falta de información crediticia. Como resultado, las microempresas no pueden invertir en su crecimiento y tienen dificultades para competir con las empresas más grandes y establecidas.

Otro desafío que enfrentan las microempresas es la falta de capacitación y recursos. Muchos propietarios de microempresas no tienen la formación o el conocimiento empresarial necesarios para administrar con éxito sus empresas. Además, las microempresas a menudo tienen recursos limitados y no pueden permitirse contratar personal adicional o invertir en tecnología y equipos de última generación.

La competencia desleal también es un desafío para las microempresas en Ecuador. Las empresas más grandes y establecidas a menudo tienen ventajas competitivas como la economía de escala y una marca reconocida que les permite ofrecer precios más bajos. Esto dificulta que las microempresas compitan en igualdad de condiciones y puede llevar a la desaparición de las empresas más pequeñas.

Finalmente, las barreras regulatorias también pueden limitar la capacidad de las microempresas para competir en el mercado. Las empresas pequeñas a menudo tienen dificultades para cumplir con los requisitos y regulaciones gubernamentales, lo que puede resultar en multas y sanciones, lo que aumenta los costos y reduce la rentabilidad.

En resumen, la discusión sobre la incidencia de la microempresa en la economía ecuatoriana es importante ya que este sector es vital para el desarrollo económico y social del país. Sin embargo, las microempresas enfrentan numerosos desafíos

que limitan su capacidad para crecer y competir en un mercado cada vez más globalizado. Por lo tanto, es importante que se tomen medidas para abordar estos desafíos y apoyar el desarrollo de las microempresas en Ecuador. Esto puede incluir proporcionar acceso a financiamiento, recursos y capacitación, reducir las barreras regulatorias y fomentar la competencia justa en el mercado.

CONCLUSIÓN

La microempresa es un elemento fundamental en la economía ecuatoriana, ya que representa una parte significativa del tejido empresarial del país. Estas empresas son importantes generadoras de empleo, ingresos y riqueza, y su contribución al desarrollo económico y social del país es considerable.

En Ecuador, las microempresas son una fuente importante de empleo y oportunidades de negocio para emprendedores y personas de bajos ingresos. Además, a menudo son la única opción para aquellos que buscan trabajar por cuenta propia o iniciar un negocio. Por lo tanto, su desarrollo y fortalecimiento es esencial para mejorar la situación económica del país y reducir la pobreza.

A pesar de su importancia, las microempresas ecuatorianas enfrentan numerosos desafíos, como la falta de acceso a financiamiento, la falta de capacitación y recursos, la competencia desleal y las barreras regulatorias. Estos obstáculos limitan su capacidad para crecer y competir en un mercado cada vez más globalizado.

En conclusión, la microempresa es un actor clave en la economía ecuatoriana y es fundamental para el desarrollo económico y social del país. Su fortalecimiento y apoyo son esenciales para impulsar la creación de empleo, la innovación y el crecimiento económico inclusivo y sostenible. Por lo tanto, es importante que las autoridades gubernamentales, el sector privado y la sociedad en general trabajen juntos para mejorar las condiciones para el éxito de estas empresas y ayudarles a alcanzar todo su potencial.

REFERENCIAS

[1] Benavides, H. (2018). Análisis del impacto de las Pymes en el desarrollo económico del Ecuador. Revista Científica de Administración, 6 (12), 25-35.

[2] Cordero, L. (2020). La capacitación como factor de éxito en las Pymes. Revista Científica de Administración, 8 (16), 20-31.

[3] Espinosa, M., & Sánchez, L. (2019). Acceso al financiamiento de las Pymes en Ecuador: un análisis a partir de los datos de la Encuesta Nacional de Empresas. Revista Científica de Administración, 7 (14), 43-54.

[4] Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2021). Estadísticas empresariales 2020. Recuperado de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Empresariales/EE-2020.pdf

[5] Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca. (2021). Fondos de Financiamiento Productivo. Recuperado de https://www.produccion.gob.ec/fondos-de-financiamiento-productivo/.

[6] Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca. (2021). Emprendemos Juntos. Recuperado de https://www.produccion.gob.ec/emprendemos-juntos/.

[7] MOGROVEJO, Alberto; SARMIENTO, Hugo; FALCONI, Juan. La economía naranja en latinoamérica, una alternativa de desarrollo. INCITEC (REVISTA INNOVACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA), 2022, vol. 2, no 4, p. 24-33.

[8] VALLADARES, Maribel Asqui. Regímenes tributarios en Latinoamérica y su relación con el RISE, RIM y RIMPE de Ecuador. Revista Enfoques, 2022, vol. 6, no 24, p. 363-380.

[9] RAMÓN, Ernesto González, et al. Las microempresas como entes generadores de empleo en el Ecuador. 593 Digital Publisher CEIT, 2022, vol. 7, no 3, p. 86-95.

[10] AGUILAR RASCÓN, Oscar Cuauhtémoc. Micro y pequeñas empresas familiares y no familiares en Latinoamérica: Diferencias en su cultura financiera. Análisis económico, 2023, vol. 38, no 97, p. 149-161.

[11] AVALOS GARCÍA, Diana Belén. Análisis a las reformas tributarias generadas al régimen de microempresas en la ciudad de Quito, periodo 2020–2021. 2022. Tesis de Maestría. Quito: UCE.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 4 Jun. 2023, pp. 1495-1507
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

GAP Analysis of the Street-food Consumers in Surabaya and Bangkok

Evi Thelia Sari[1] and Adisak Suvittawat[2]

[1]Management Department, STIE Mahardhika, Surabaya, Indonesia

[2]School of Management Technology, Suranaree University of Technology, Bangkok, Thailand

Copyright © 2023 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 is to examine the gap analysis between consumers' perception (P) and expectation (E) toward the street foods in Surabaya and Bangkok cities. The convenience sampling is used to collect the data totaled as 849 respondents from both cities. The P-E Cartesius gap analysis indicates the quadrants of each questionnaire item. The Paired t-test is used to examine each city's consumers' P-E differences. The independent sample t-test examined the P-E differences towards the street foods quality among the cities. The result shows P-E gap towards street foods is higher among the consumers in Surabaya than in Bangkok. The perception towards street foods among consumers in Surabaya is different than in Bangkok, but the expectation of both consumers group is the same. It is suggested street food vendors in Surabaya to increase their product and service qualities as well as prices to meet the expectations.

KEYWORDS: Gap analysis, Perception, Expectation, Street food.

1 INTRODUCTION

Nowadays, the street foods are also becoming the commodity of culinary tourism. The ready-to-eat foods sold on the streets or traditional markets are easy to find in countries in the world and throughout the history. As tourism in Indonesia increasing, the development of street foods in Indonesia is also growing fast from the simple process-foods to the complicated ones and most of that are categorized as Halal foods. Meanwhile, Thailand, called as "The Land of Smiles", is also well known for its street food. Bangkok street food has offered a wide variety from traditional Thai food to Chinese food, Korean and Japanese Food but quite different than that in the southern part of Thailand for the flavour and halalness of the food because of the Muslim population demands in the provinces. However, the street foods is not only the terms in culinary tourism, but also common in city life, which is identical to speed, culture and social change seems to influence the demand of this kind of foods, which are cheap and easy to find 24/7 anywhere in the city.

Street food vendors need the awareness of marketing concept to enhance their product and service quality. This is a customer-centered concept, thus the tasks for the vendors is not only to find the right customers but also provide the right product and service for their customers and responsible to satisfy their customers in whole things from creating to delivering the products.

Knowing that what should be improved and what the consumers expect may be different, the vendors must have the knowledge in what areas the Indonesian and Thai street foods should be improved and what areas to maintain. The gap between consumer's expectation and perception is caused by the differences between what the consumer expects before consuming products and what the consumer received once the product is delivered [1]. From the sellers' sides, the increasing of the numbers of sellers tightens the competition, so sellers have to improve their product and service qualities as well as the product price for gaining the better competitive advantage. The low cost of food preparation may cause problems to the food quality for consumers, for example, the foods displayed on the street may be contaminated by dust or ashes from vehicles and in some cases the contaminated foods have caused gastronomy problems among tourists who are not used to consume such food [2].

The importance of street food quality in accordance to tourism attaction were discussed by some previous studies of Boonratana [3] and also Ardabili [4] about how the street food can enhance the local economy through product and service qualities as well as price. There is the need to set strategies in highlighting raw materials and dishes to complement gastronomy in heritage tourism like this [5]. The importance of street food entrepreneurs for economic performance by seeing the economic crisis as opportunity and threat from

Corresponding Author: Evi Thelia Sari

street food vendors' generation has urged food vendors either in Surabaya and Bangkok foods to become aware of their product innovation creativity, safety, performance and packaging as well as the service quality and prices.

This study is to examine the gap analysis between consumers' perception (P) and expectation (E) toward the street foods in Surabaya and Bangkok cities, to support the vendors' decision making in which areas of their street food prices, products and services quality should be improved to meet the consumers' expectation.

2 LITERATURE REVIEW

2.1 STREET FOOD

Street food is defined as foods and beverages ready and sold in the street and other public areas [6]. The food and beverages are consumed immediately or later which further processed are not required. The consumers of the street foods are usually middle low and considered as daily cheap foods but satisfy the needs [2] because in general, street food prices are not expensive [7]. The problems related to the street foods have been found by some studies, such as: hygiene practice [8], lack of safe practices, insufficient hygiene and unclean cooking utensils and food cleanliness [7]. These problems are relevant to street foods in many countries in the world.

Basically, the characteristics of street food in Surabaya city are common throughout Indonesia and similar to other countries. The cost to run the business of street food is not too expensive and the process of food preparation is also simple. Various traditional street food types can be found in most areas in Surabaya city as well as other cities with similar products [9]. The street foods in Surabaya are available from morning to night, so the consumers can get all products they need anytime with affordable prices.

Street food, however, has historical, cultural, social and economic dimensions, and show more as Asian phenomena while in Europe is highly regulated under health department requirements and in USA are limited to pedestrians, the "Drive-Through" or the food truck as a modern version of street food and a form of innovation in the gastronomy business [10].

2.2 PRODUCT QUALITY

Product quality is important for retaining customers' loyalty and is required to get higher profit. Product quality is the characteristics of a product or service which show its ability to satisfy the customers' needs [11]. Product quality dimensions are known as: performance, features, durability, conformance, serviceability, aesthetic, and perceived quality [12]. Performance is the product's ability to perform its function. Features show the ability to compete and differentiate the products from competitors. Durability is higher if the products can be kept well according to time standard for the product.

The product quality needs the freedom from defects and consistency with the performance level as required and known as the conformance quality of the products. Serviceability is required to ensure the consumers to get the best product quality and a commitment from the company to give replacement or revision if the product miss the minimum performance standard. Aesthetics cannot increase the product performance directly (Kotler & Armstrong, 2012), but it pleases customers.

The consumers consider street foods as the consumption of experiences or the experience of consumption called it the consuming of place which is connecting tourism and gastronomy, in a folkloristic perspective on eating is as an otherness of culinary tourism. Khorana [13] wrote an interesting chapter on the street food tours are that are safely exotic, combining the exotic component of street food like eating insects with the strong desire of tourists to remain safe and healthy. Not only being seen in terms of hedonism and food attributes as predictors of street foods consumption.

Street foods may have problems in low hygiene level, lack of legal system, ineffective market inspection and causing traffic jam around the areas. In terms of product quality of the street food, Yiamjanya and Wongleedee found that it is important to improve the street food safety and perceived risk among the consumers [14]. Notwithstanding, the street food vendors give some benefits such as inexpensive prices, various food types, job opportunity and local resources usage. It is important to understand the consumers' expectation and perception because the perception had a bigger role than the facts when it came to the safety of street food.

2.3 SERVICE QUALITY

Service quality or SERVQUAL model developed by Parasuraman is an attitude resulted by a long-term and overall evaluation of a performance [1] can be measured by five dimensions include tangible, reliability, responsiveness, assurance and empathy. Tangible or physical is an ability of a company to show its existence to external parties. This dimension can be measured from facilities (e.g. building, warehouse, etc.), utilities, tools, equipment and the performance of staffs or provider. Service quality for food products influences the customer satisfaction [15] followed by cultural influence, food quality and pricing.

Reliability, is usually shown by timeliness, equal service for all consumers without differentiation, sympathetic, high accuracy as promised once the service is delivered. The eagerness to help, give the fast service and provide the clear and correct information to consumers, indicate responsiveness. The fourth dimension, assurance is the company's knowledge, politeness, staffs' ability to encourage trust among consumers, include here are communication, credibility, security, competence and courtesy. The last dimension, empathy, which is shown by attention given sincerely and privately to understand and meet the consumer's needs.

2.4 PRICE

Price is the amount of charged money, or a sum of values for a product or service, that consumer trade for having the benefits of the product or service [11]. Price becomes important element in marketing mix because it can influence the consumer to buy the product or not. Price is also mentioned as statement of value because it has to compare the costs paid by consumer to get products and the perception of product benefit. The normal price is to compare the price and standard [17], thus, it will be normal if customer paid in a normal price and well informed about the changes of price if any.

2.5 CONSUMER EXPECTATION AND PERCEPTION

Product and services quality can be functions of the gap between expectations and perceptions of the consumers through the dimensions of quality [18]. Expectation is what the consumers want or the term of "what should be" meanwhile the perception is more as evaluation of the qualities and close to the "what really it is". The model developed in this study is shown in Figure 1.

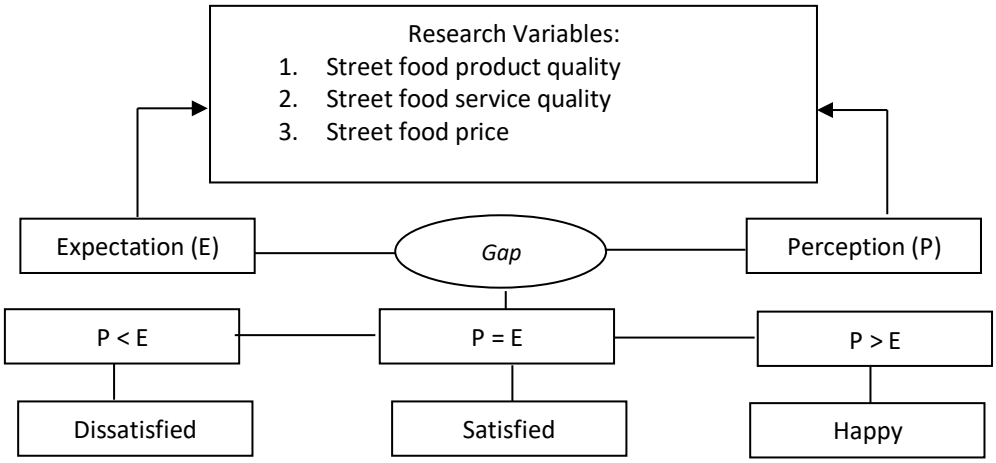


Fig. 1. Research Framework

3 RESEARCH METHODOLOGY

This quantitative research used three variables, product quality, service quality and price. Analysis technique used here is t *paired test,* to examine the differences between consumer's expectation (before receiving the products) and consumer's perceptions (after receiving the products). The data type is mainly primary data which collected from the respondents used in this research, and secondary data is from other references relevant to this study. The population number is unknown and considered huge, so this study used convenience sampling method and got 420 respondents in Surabaya, Indonesia and 429 respondents in Bangkok, Thailand who consume street food to reach the better sample size.

The hypothesis statements developed in this research are:

H1: There is a gap between expectation and perception on product quality of street foods among consumers in Surabaya, Indonesia.
H2: There is a gap between expectation and perception on product quality of street foods among consumers in Bangkok, Thailand.
H3: There is a gap between expectation and perception on service quality of street foods among consumers in Surabaya, Indonesia.
H4: There is a gap between expectation and perception on service quality of street foods among consumers in Bangkok, Thailand.
H5: There is a gap between expectation and perception on price of street foods among consumers in Surabaya, Indonesia.
H6: There is a gap between expectation and perception on price of street foods among consumers in Bangkok, Thailand
H7: There is mean difference between expectation and perception towards street foods among the consumers in Surabaya, Indonesia and Bangkok, Thailand

Based on literatures and previous studies, the operational variables used in this research are divided into several indicators as shown in Table 1.

Table 1. Operational Variables

No	Variable	Indicators	Scale
1	Product Quality	a. Performance (the cleanliness, taste, availability, hygienity) b. Features (specialty of products compared to other vendors) c. Reliability (the taste of street food is consistent) d. Durability (the length or duration of foods to be kept and safe for delayed-consumption) e. Conformance (freedom from defects and consistent performance) f. Serviceability (the ability for vendors to revise or replace the broken product) g. Aesthetic (food packaging, food display). h. Perceived quality (price fits to the product quality received)	*Closed question* **Expectation:** Likert 1-5 (1= strongly unimportant), 2=unimportant, 3= somewhat important, 4= important 5= strongly important) **Perception:** Likert 1-5 (1= strongly disagree), 2=disagree, 3= neutral/somewhat agree, 4= agree 5= strongly agree)
2	Service Quality	a. Tangible (location, vendors performance and surroundings) b. Reliability (speed and accuracy in providing the consumers' requests) c. Responsiveness (good service and speed in responding the complaints). d. Assurance (trustable, courtesy and competence) e. Empathy (ability to provide service based on consumers' needs).	
3	Price	a. Price is affordable b. Price of street food corresponds to the product quality. f. Price of street food corresponds to the location.	

The operational variables are used to set the questionnaires arranged by the authors. Table 2 shows the questionnaires items and the item code to ease the analysis.

Table 2. Questionnaire Items

Item No.	Statement (Expectation)	Item Code	Statement (Perception)	Item Code
1	I hope the street food I buy is delicious	EoPQ1	After buying the street food, I found the taste is delicious.	PoPQ1
2	I hope the street food I buy is hygiene	EoPQ2	After buying the street food, I found the food is hygiene.	PoPQ2
3	I hope the street food taste I buy is unique	EoPQ3	The street food I have bought has a unique taste.	PoPQ3
4	I hope the street food will vary	EoPQ4	The street food I have bought has various types for me to choose.	PoPQ4
5	I hope the taste consistency of the street food I buy.	EoPQ5	The street food has consistent taste when I bought it again.	PoPQ5
6	I hope the street food I buy has durability.	EoPQ6	The durability of street food I bought is good.	PoPQ6
7	I hope the street food I buy has no defects.	EoPQ7	The street food I bought has no defect.	PoPQ7
8	I hope the street food seller will replace if I complain about the defect product.	EoPQ8	The food street seller from where I bought the food replaced the defect product I got.	PoPQ8
9	I hope the food street seller will replace if the food served is not as what I order.	EoPQ9	If the street food I bought is out of what I ordered, the food street seller replace it.	PoPQ9
10	I hope the street food I buy has good packaging.	EoPQ10	The street food I bought has good packaging.	PoPQ10
11	I hope the street food has interesting display for me.	EoPQ11	The street food I bought has interesting display.	PoPQ11
12	I hope the quality of street food I buy fits to what I pay.	EoPQ12	The quality of the street food I bought worths what I have paid.	PoPQ12
13	I hope the food street seller has clean performance.	EoSQ1	The street food seller wore clean performance when I bought the food.	PoSQ1

14	The service speed is what I want if I buy street food.	EoSQ2	The food street seller served fast when I bought the food.	PoSQ2
15	I hope the food street seller gives fast response if I complain.	EoSQ3	The food street seller gave fast response when I complained.	PoSQ3
16	I hope the food street seller understands what I order to meet my needs.	EoSQ4	The food street seller understood what I asked to order to meet my needs.	PoSQ4
17	I hope the food street price is affordable for me.	EoP1	The price of street food I bought was affordable for me.	PoP1
18	I hope the price I pay for street food I buy worths the quality I wish.	EoP2	When I bought street food, the price fits the quality I wished.	PoP2

The validity and reliability tests are executed to ensure the usability of questionnaires items for the further process. The analysis techniques used to test the hypothesis are independent sample t-test and paired sample t-test. To test the gap of expectation and perception, this study referred to Cartesius Diagram which is adopted to the specific need. Previous study used this diagram for mapping quality attributes consisting of 4 quadrants called as top priority, maintain performance, low priority and excessive quadrants [19] and it is also applicable for product quality and price in this study.

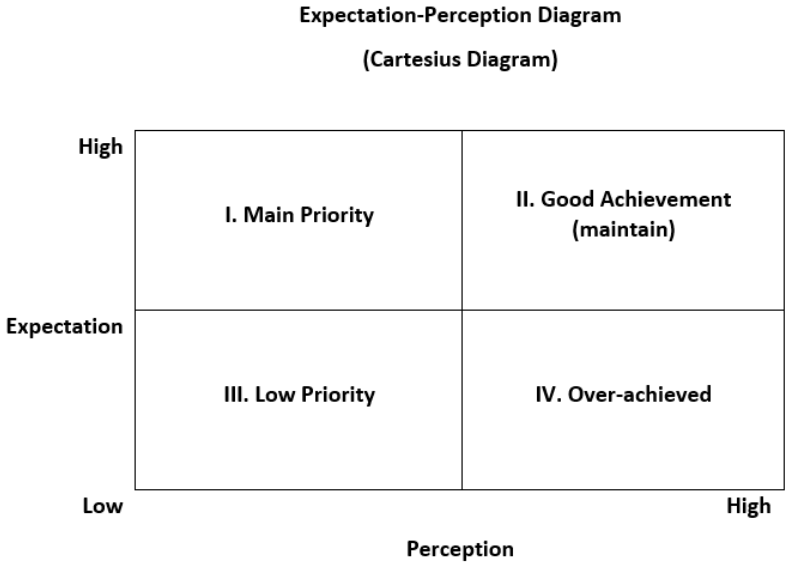


Fig. 2. Quadrant/Gap Analysis Model

The analysis for each quadrant is common for any usage of Cartesius Diagram. Quadrant I (Main Priority, or Top Priority), means that the dimensions in this quadrant have high level of importance or influence for respondents but the performance of the dimensions are still low. Thus, dimensions in this quadrant should be prioritized for improvement [20]. Quadrant II (Maintain, or Preserve) has dimensions with high level of importance or influence for respondents and rated well by them, thus dimensions in this quadrant needs to be maintained. Meanwhile, Quadrant III (Low Priority) consists of dimension with low level of importance or influence to the respondents and the performance is also rated low by the respondents as well, yet the dimensions in this quadrant needs to be improved to prevent the shift to Quadrant I. The last is Quadrant IV (Over-achieved, or overrated) in which the dimensions have low level of importance or influence, but have good performance, so the dimensions are considered excessive by the respondents [20].

4 RESULTS AND DISCUSSION

This study is conducted in two different location, Surabaya City, Indonesia and Bangkok City, Thailand. The total of the respondents in Surabaya used in this study is 420 respondents and in Bangkok is 429 respondents. The characteristics of respondents are summarized based on gender, age, occupation and frequency to buy street foods in weekly basis (Table 3).

Table 3. Respondents' Characteristics

Profiles	Consumers in Surabaya		Consumers in Bangkok	
	Count	%	Count	%
Gender				
Male	151	36	169	39.4
Female	269	64	260	60.6
Total	420	100	429	100
Age				
< 30 years old	224	53	274	63.9
> 30 years old	196	47	155	36.1
Total	420	100	429	100
Occupation				
Students	263	62.6	171	39.9
Employees	121	28.8	161	37.5
Entrepreneurs	36	8.6	90	21
Others (jobless, farmer etc.)	0	0	7	1.6
Total	420	100	429	100
Frequency to Buy Street-Food Each Week				
1-2 Times	204	49	83	19.3
3-4 Times	133	32	115	26.8
>4 Times	83	20	231	53.8
Total	420	100	429	100

Towards the food, a study found that reaction of consumers on food product quality can also be based on the consumers' profiles because the quality perceptions will influence fresh food product satisfaction and lead to higher purchase incidence [21]. The perception after judging process within an individual consumer will be an important antecedent of buying decision. Then, for further explanation to the respondents' profiles in this study, the recapitulation of the profiles is summarized in Table 3.

Table 3 shown the similarity in the gender-based respondents' profile between Surabaya and Bangkok. More than 60% of respondents is female. Indicating that women are more likely interested in buying foods or doing culinary crafting. The age range of the respondents are divided in two level under and over 30 years old to ease the analysis. Most respondents are less than 30 years old for both cities. It is obvious that in that age level, people tend to live freely, craft new things including the foods, and try new things with their pals. Previous study also found that young consumers (under 30 years old) dominated the street foods consumption [22].

Most of the respondents' occupation as shown in Table 3 are students either high schools or college students. There is no "others" categories among the respondents in Surabaya, meanwhile in Bangkok, 7 respondents are either jobless, home mate and farmers. However, this difference is not significant. Yet, the difference between street food consumers in Surabaya significantly shown in Table 3 in terms of the frequency to buy street foods, because most respondents in Surabaya only 1-2 times a week buy the street foods regardless the food types and prices, but in Bangkok, more than 4 times a week, indicates almost every day, most of the respondents buy the street foods.

The data collected were tested for the validity and reliability. Based on the measurement using SPSS 26, the Pearson Correlation of each item of questionnaires got more than 0.3, so all the items in the questionnaire are valid. The reliability test also shows the high value of reliability for the 36 items in questionnaires based on Cronbach's Alpha > 0.8 (the value is 0.934). Then, the data is analyzed using paired t-test to get the mean value of both perception and expectation. The results mean value of either expectation or perception variables are shown in Table 4 and 5 along with the gaps and the effect to consumers.

Table 4. Results of Gap Analysis in Surabaya, Indonesia

Item No.	Item Code	Mean Value of Expectation (E)	Item Code	Mean Value of Perception (P)	P-E Difference	Gap	Effect to Customers	Cartesius Quadrant
1	EoPQ1	3.990	PoPQ1	3.712	-0.279	P < E	Dissatisfied	II. Maintain
2	EoPQ2	4.114	PoPQ2	3.617	-0.498	P < E	Dissatisfied	II. Maintain
3	EoPQ3	3.788	PoPQ3	3.621	-0.167	P < E	Dissatisfied	IV. Over-achieved
4	EoPQ4	3.729	PoPQ4	3.421	-0.307	P < E	Dissatisfied	III. Low Priority
5	EoPQ5	3.869	PoPQ5	3.707	-0.162	P < E	Dissatisfied	IV. Over-achieved
6	EoPQ6	3.629	PoPQ6	3.524	-0.105	P < E	Dissatisfied	III. Low Priority
7	EoPQ7	4.226	PoPQ7	3.667	-0.560	P < E	Dissatisfied	II. Maintain
8	EoPQ8	4.005	PoPQ8	3.602	-0.402	P < E	Dissatisfied	II. Maintain
9	EoPQ9	3.788	PoPQ9	3.602	-0.186	P < E	Dissatisfied	IV. Over-achieved
10	EoPQ10	3.993	PoPQ10	3.581	-0.412	P < E	Dissatisfied	I. Main Priority
11	EoPQ11	3.676	PoPQ11	3.488	-0.188	P < E	Dissatisfied	III. Low Priority
12	EoPQ12	3.943	PoPQ12	3.740	-0.202	P < E	Dissatisfied	IV. Over-achieved
13	EoSQ1	4.129	PoSQ1	3.667	-0.462	P < E	Dissatisfied	II. Maintain
14	EoSQ2	4.043	PoSQ2	3.631	-0.412	P < E	Dissatisfied	II. Maintain
15	EoSQ3	3.981	PoSQ3	3.614	-0.367	P < E	Dissatisfied	II. Maintain
16	EoSQ4	3.952	PoSQ4	3.745	-0.207	P < E	Dissatisfied	III. Low Priority
17	EoP1	3.995	PoP1	3.850	-0.145	P < E	Dissatisfied	II. Maintain
18	EoP2	4.026	PoP2	3.764	-0.262	P < E	Dissatisfied	II. Maintain

Table 4 shows the results to test H1, H3 and H5. Based on the Table 9 and plotting shown in Figure 3, the hypothesis H1, H3 and H5 are accepted. The results show value P < E for all items (See Table 4). There is gap between expectation and perception on product quality of street foods among consumers in Surabaya (H1 is accepted). There is also a gap between expectation and perception on service quality of street foods among consumers in Surabaya (H3 is accepted) and the H5 is also accepted because there is a gap between expectation and perception on price of street foods among consumers in Surabaya (EoP1 and EoP2 got their P value < E value).

In Surabaya, Indonesia, the item that needs to improve lies on Quadrant I (Main Priority). The street food packaging brings dissatisfaction to the customers based on the statistical results. Most of the street foods in Surabaya have lack attention to make the packaging tidy, clean and interesting. The street foods sellers usually use plastic bags, plastic pockets, plastic glasses and other packaging with stereo foam materials that customers found it difficult to take the food away in a fresh quality. Usually, the customers will bring the food to offices or homes and the locations are far from the food street shops. The risks of spilt food, damage ingredients and change of temperature of the foods are paid by the customers instead of the change in tastes due to the distance and packaging.

The items for price variable are located in Quadrant II (maintain) although the results of effect to customers are *Dissatisfied*. The customers of street food in Indonesia look for the convenient and inexpensive foods (Anjani, et al. 2008). The differences of the expectation and perception toward street foods prices are not significant. The items work for price variable are about the affordability and quality of the products. Even though the customers want better quality but they understand the ability of street foods seller on production.

The customers also feel *Dissatisfied* about the taste of the foods and replacement for the food is different to what they ordered. Those items are located in Quadrant IV (over-achieved). The customers usually understand the standard of street food product quality, so they do not expect too much on it since the beginning of their decision to consume. If they find a dissatisfaction of the service, they only will stop buying from the same seller on the other day.

Below is the plotting of each item in Cartesius diagram to show the exact position of expectation and perception.

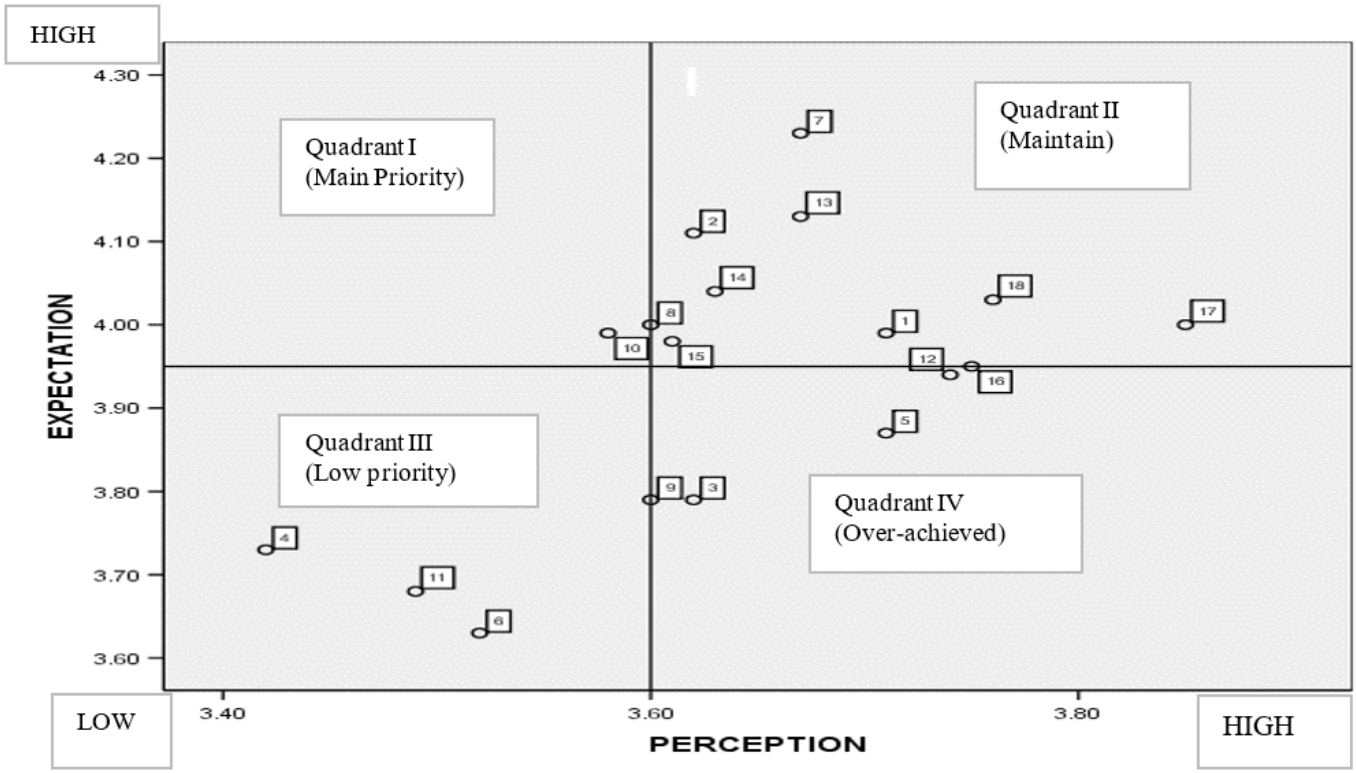


Fig. 3. Gap Analysis of Expectation and Perception in Surabaya, Indonesia

Table 5 shows the results of paired T-test and Gap analysis for the primary data of the respondents in Bangkok, Thailand and Figure 4 exhibits the quadrant of each item lies on the Cartesius Diagram.

Table 5. Results of Gap Analysis in Bangkok, Thailand

Item No.	Item Code	Mean Value of Expectation (E)	Item Code	Mean Value of Perception (P)	P-E Difference	Gap	Effect to Customers	Cartesius Quadrant
1	EoPQ1	3.998	PoPQ1	4.191	0.193	P > E	Happy	IV Over-achieved
2	EoPQ2	3.734	PoPQ2	3.921	0.186	P > E	Happy	IV Over-achieved
3	EoPQ3	3.842	PoPQ3	3.823	-0.019	P < E	Dissatisfied	IV Over-achieved
4	EoPQ4	4.072	PoPQ4	3.977	-0.096	P < E	Dissatisfied	II Maintain
5	EoPQ5	3.774	PoPQ5	3.963	0.189	P > E	Happy	IV Over-achieved
6	EoPQ6	3.135	PoPQ6	2.860	-0.275	P < E	Dissatisfied	III Low Priority
7	EoPQ7	3.399	PoPQ7	3.347	-0.051	P < E	Dissatisfied	III Low Priority
8	EoPQ8	3.506	PoPQ8	3.650	0.145	P > E	Happy	IV Over-achieved
9	EoPQ9	3.667	PoPQ9	3.732	0.065	P > E	Happy	IV Over-achieved
10	EoPQ10	3.476	PoPQ10	3.389	-0.086	P < E	Dissatisfied	III Low Priority
11	EoPQ11	4.019	PoPQ11	3.711	-0.308	P < E	Dissatisfied	II Maintain
12	EoPQ12	3.937	PoPQ12	4.070	0.133	P > E	Happy	IV Over-achieved
13	EoPQ13	3.751	PoPQ13	3.762	0.012	P > E	Happy	IV Over-achieved
14	EoPQ14	4.182	PoPQ14	4.189	0.007	P > E	Happy	II Maintain
15	EoPQ15	3.797	PoPQ15	3.981	0.184	P > E	Happy	IV Over-achieved
16	EoPQ16	3.893	PoPQ16	4.082	0.189	P > E	Happy	IV Over-achieved
17	EoPQ17	4.119	PoPQ17	4.294	0.175	P > E	Happy	II Maintain
18	EoPQ18	4.138	PoPQ18	4.289	0.152	P > E	Happy	II Maintain

Table 5 explains the result of hypothesis H2, H4 and H6. Based on the Table 10 and plotting shown in Figure 4, the hypothesis H2, H4 and H6. are accepted. The results (See Table 5) show the gap between expectation and perception on product quality of street foods among consumers in Bangkok (H2 is accepted) either "happy" or "dissatisfied" for some items. There is also the gap between expectation and perception on service quality of street foods among consumers in Bangkok (H4 is accepted) and the H6 is also accepted because there is a gap between expectation and perception on price of street foods among consumers in Bangkok (EoP1 and EoP2 got their P value < E value).

In Bangkok, Thailand, no item lies on Quadrant I (Main Priority). Meanwhile, there are two items located in Quadrant II (maintain) that bring negative effect to customers so they feel *Dissatisfied*. The customers of street food in Bangkok look for food variety and better food display to maintain. Some other items lie on the Quadrant II bring happiness to customers such as the speed, price affordability and the fitness of price to the quality of the foods based on the consumers. Quadrant III shows the low priority in three items, durability, defect and packaging. This quadrant brings dissatisfaction to consumers because they expect too much but the actual performance received is lower than expected.

The customers also feel *Dissatisfied* about the uniqueness of the street food and it is located in Quadrant IV (over-achieved). The customers may feel that they do not expect that much for street food but sellers provide more than expected. It brings dissatisfaction because this is not actually what the consumers want.

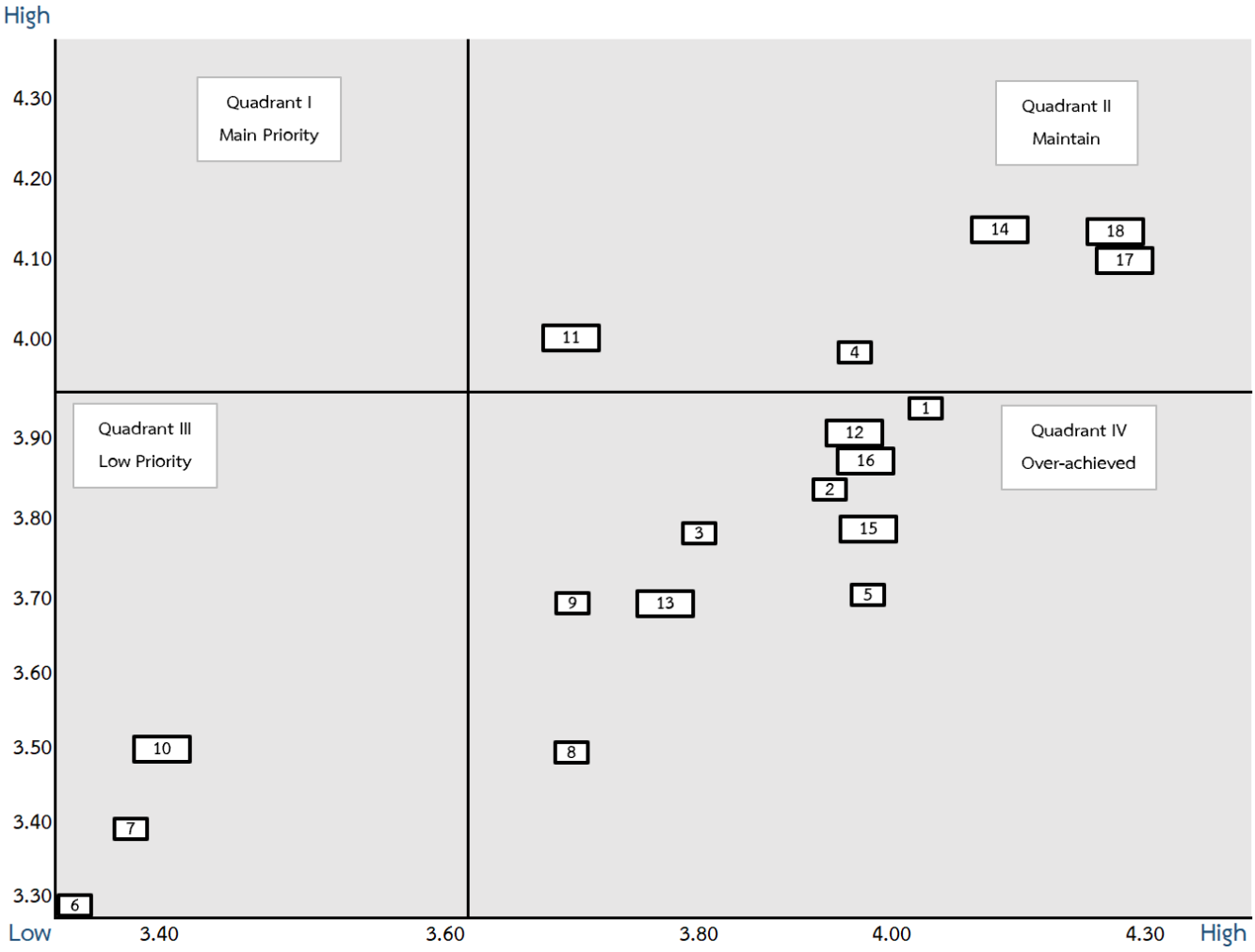


Fig. 4. Gap Analysis of Expectation and Perception in Bangkok, Thailand

This study found the differences of the gap analysis. All of the gaps resulted show dissatisfaction of the consumers toward the street foods in Surabaya, Indonesia, meanwhile in Bangkok, Thailand the consumer is happy or satisfied for some items. Paired Sample T-test is used to test if the differences between the mean value of expectation and perception exist (Table 6 to 8).

Table 6. Results of Paired Samples Statistics

Paired Samples Statistics					
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	EXPSUB	3.93756	18	.161294	.038017
	PERSUB	3.64183	18	.104067	.024529
Pair 2	EXPBKK	3.80217	18	.284061	.066954
	PERBKK	3.84617	18	.367941	.086724

Table 6 shows the two pairs, Pair 1 is for Surabaya and Pair 2 is for Bangkok. Each pair has two conditions to compare, EXPSUB is expectation of consumers in Surabaya and PERSUB is perception of the consumers in Surabaya towards the quality of street foods products and services. Meanwhile, EXPBKK and PERBKK refer to the same terms for consumers in Bangkok. As the theory said (Khiavi, et al., 2018) that expectation is about "what should be" in products, but perception is about "what really it is" of the products, so expectation comes before perception. Expectation is before consuming products while perception is after consuming products so the consumers can give the value to the performances.

Table 7. Results of Samples Correlation

Paired Samples Correlations				
		N	**Correlation**	**Sig.**
Pair 1	EXPSUB & PERSUB	18	.543	.020
Pair 2	EXPBKK & PERBKK	18	.913	.000

Table 7 shows the correlation between expectation and perception. Pair 2 in that table shows the stronger correlation than Pair 1. The correlation in Pair 1 (Surabaya) has lower value than Pair 2 (Bangkok). It indicates consumers in Bangkok get what they expect from street foods but consumers in Surabaya are not satisfied enough because they do not get what they expect from street foods.

Table 8. Results of Paired Samples Test

Paired Samples Test				
			Pair 1	Pair 2
			EXPSUB – PERSUB	EXPBKK – PERBKK
Paired Differences	Mean		.295722	-.044000
	Std. Deviation		.136417	.158868
	Std. Error Mean		.032154	.037445
	95% Confidence Interval of the Difference	Lower	.227884	-.123003
		Upper	.363561	.035003
t			9.197	-1.175
df			17	17
Sig. (2-tailed)			.000	.256

In Table 8, t test value for Pair 1 shows 9.197 > ±2.110 (t table, d.f =17) with Sig. value is 0.000, means that there is the difference between mean value in Expectation and Perception of consumers in Surabaya towards the street food product and services quality. Pair 2 shows t test value -1.175 < ±2.110 (t table, d.f =17) with Sig. value is 0.256 which indicates that there is no difference between mean value in Expectation and Perception of Consumers in Bangkok towards the product, service quality and price of the street foods.

To understand more whether the Expectation and Perception of the consumers in Surabaya and Bangkok are different or not, the independent sample T-test is used and the results are shown in Table 9 and Table 10.

Tableau 1. Results of Group Statistic for Independent Samples Test

Group Statistics					
	COUNTRY	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
EXP	Surabaya	18	3.93756	.161294	.038017
	Bangkok	18	3.80217	.284061	.066954
PER	Surabaya	18	3.64183	.104067	.024529
	Bangkok	18	3.84617	.367941	.086724
GAP	Surabaya	18	-.29572	.136599	.032197
	Bangkok	18	.04417	.158848	.037441

We notice the results F test from the Independent Samples T-test to test the homogeneity of the variances. Expectation (EXP) has Levene's test value 0.052, more than 0.05. It means that the variances of two groups (Surabaya and Bangkok) are not different. Perception (PER) of both groups has different variances because the Sig value of Levene's test is less than 0.05. There is no variance differences for the gap (P-E) of both groups because the sig value of Levene's test is more than 0.05, which is 0.016. Expectation and gap will use the column *equal variances assumed* while the perception will use *equal variances not assumed*.

Tableau 2. Results of Independent Samples Test

Independent Samples Test										
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
EXP	Equal variances assumed	4.042	.052	1.758	34	.088	.135389	.076995	-.021083	.291861
	Equal variances not assumed			1.758	26.930	.090	.135389	.076995	-.022610	.293388
PER	Equal variances assumed	12.094	.001	-2.267	34	.030	-.204333	.090127	-.387493	-.021174
	Equal variances not assumed			-2.267	19.703	.035	-.204333	.090127	-.392516	-.016151
GAP	Equal variances assumed	.256	.616	-6.883	34	.000	-.339889	.049381	-.440242	-.239535
	Equal variances not assumed			-6.883	33.254	.000	-.339889	.049381	-.440325	-.239452

The t table for two tailed is ± 2.120 and t-test for Expectation is 1.758 less than the t table so there is no differences between Surabaya and Bangkok for the mean value of Expectation toward product quality, service quality and prices of the street foods. However, the Perception and the Gap are different because the t test values are -2.267 and -6.883, lie on the rejection area of null hypothesis. Thus, it can be concluded there are the mean value differences between Surabaya and Bangkok consumers in their perception and gap towards product quality, service quality and prices of the street foods and means the hypothesis 7 (H7) is accepted.

Since the t test for Expectation is positive, it means that Surabaya has higher mean value in Expectation towards product quality, service quality and prices of the street foods than Bangkok. In the Table of group statistic, Surabaya has mean value 3.93756 for Expectation meanwhile Bangkok has lower mean value, 3.80217. The Perception has negative sign, indicates that Bangkok has higher mean value for the consumers' Perception towards the product, service quality and price of the street foods compared to consumers in Surabaya.

5 CONCLUSIONS AND SUGGESTIONS

Based on the measurements using mean values to be noted in Cartesius Diagram, paired sample t-test and independent t-test, the hypothesis raised in this study are answered. There are the differences between expectation and perception on product quality, service quality and prices of street foods among consumers in Surabaya and Bangkok. Based on Paired Sample t-test conducted in this study the consumers' expectation and perceptions towards product quality, service quality and prices of street foods are different among the consumers in Surabaya, Indonesia, but not for consumers in Bangkok, Thailand.

According to Independent Sample t Test, there are differences between consumers' Perception in Surabaya and Bangkok toward product quality, product service and prices of street foods, which is consumers in Bangkok have higher mean value than Surabaya. The differences in Expectation do not exist among consumers in Surabaya and Bangkok. Then, there are also actually gaps towards street foods between consumers in Surabaya and Bangkok.

The conclusion shows that the consumers of Street foods in Surabaya and Bangkok have the similar expectation towards the price, product and services quality of the street foods, but when they come to the perceptions which are valued after their purchase experiences, the consumers in Surabaya get the lower value than consumers in Bangkok which creates bigger gaps between Expectation and Perception. It means that consumers of street foods in Surabaya are not satisfied because what they expect about the street foods cannot be received in reality. Then based on this study, it is suggested for the vendors of street foods in Surabaya, Indonesia, especially, increase their quality either product or services and prices to make it closer to what the consumers expect. However, in both cities, the street vendors must understand what their consumers really want from their product and service quality and relate them with the affordable prices. The vendors can even save the budget by indicating the right terms of consumers' perceptions so that they will not be misled because they provide the facilities which are not important for the consumers.

Everyone in the society has part to contribute in developing economy surroundings and in the results, the entrepreneurship can play the important role in local economic growth especially when it comes together with innovation. Furthermore in the competitive business era, the business owners should improve themselves for better performance. Once the business increases its performance, more outcomes will be received. Regarding the street food quality as the main issues considered by the consumers, the vendors can begin to improve the quality in such relevant ways to the products they offer in terms of food safety especially from the microbial contamination. The local governments can provide training programs for street food vendors to improve their knowledge about food safety [23] which is important for their performance improvements. It is also important for the street food vendors to start considering their product quality positioning [24] as consumers in both cities studied here have similar expectation towards the product quality yet some of them do not get foods as expected. Food quality positioning is important for street foods to guarantee the consumers' satisfaction on the quality. Thus, with the domino effect analogy, the situation of the business, eventhough it is in micro scale, it still keeps giving good contribution to the society in gaining better local or even national economy growth.

REFERENCES

[1] D.K. Hoffman and E.G.J. Bateson, «*Service Marketing: Concepts, Strategies, & Cases»,* Cengage Learning: USA, 2011.

[2] D, Privitera and F.S. Nesci, «Globalization vs. Local, The Role of Street Food in the Urban Food System. *Procedia Economics and Finance 22 (2015) 716-722, 2015.*

[3] R. Boonratana, «Community-based tourism in Thailand: The Need and Justification for an Operational Definition», *Kasetsart J. (Soc. Sci), 31, 280–289, 2010.*

[4] F. S. Ardabili, E. Rasouli, S.M. Daryani, M. Molaie, and B. Sharegi, «The Role of Food and Culinary Condition in Tourism Industry», *Middle-east Journal of Scientific Research, 9 (6), pp. 826-833, 2011.*

[5] M. G. Dancausa Millán and M. G. Millán Vázquez de la Torre, «Quality Food Products as a Tourist Attraction in the Province of Córdoba (Spain) ». *International Journal of Environmental Research and Public Health, 19 (19), (2022).*

[6] C. Thatchinamoorthy and J. Meenambigai, «Customer Relationship Management and Retention in Street Food Sector», *International Journal of Food and Nutritional Science, 5 (19): 25-29, 2018.*

[7] J.P.L. Aquino, C.C. Pedalgo, A.R.N. Zafra, and T.P. Tuzon, «Perception of Local Street Food Vendors of Tanauan City, Batangas on Food Safety», *LPU-Laguna Journal of International Tourism and Hospitality Management, Vol. 3. No. 1, 1-22, 2015.*

[8] N.A. Sarkodie, E.K. Bempong, O.N. Tetteh, A.C. Saaka, and G.K. Moses, «Assessing the Level of Hygienic Practices among Street Food Vendors in Sunyani Township», *Pakistan Journal of Nutrition 13 (10): 610-615, 2014.*

[9] G. Anjani, D.N. Afifah, A. Pramono, D. Hunaefi, and H.B. Wijayanti, «The Halalness of Indonesian Street Food: Problems and Solutions?», *2nd IMT-GT International Halal Science Symposium on «Scientific Approach towards Halalness Authentication», 2008.*

[10] S. Alfiero, A. Giudice, and A. Boadonna, «Street Food and Innovation: The Food Truck Phenomenon, *British Food Journal 119 (11), 2017.*

[11] P. Kotler and G. Armstrong, *Principles of Marketing. 14th Edition*. Prentice Hall: New Jersey, USA, 2012.

[12] M.N. Khuong, and H.T.H. Anh, «Direct and Indirect Effect of Customer Satisfaction through Product and Service Quality- A Study of Phu Nhuan Jewelry Stores in Ho Chi Minh City, Vietnam*», Journal of Economics, Business and Management, Vol. 1, No. 3, 2013.*

[13] S. Khorana, «Australians in Hanoi: When Street Food Tours are Safely Exotic», Aesthetic Cosmopolitanism and Global Culture, Book Chapter 6, pp: 139-153, 2019.

[14] S. Yiamjanya and K. Wongleedee, «Food Safety and Perceived Risk: A Case Study of Khao San Road, Bangkok, Thailand, *»Published in Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology, Volume 73, pp. 691—697, 2013*.

[15] A. K. S. Ong, Y. T. Prasetyo, K. A. Mariñas, J.P.A. Perez, S. F. Persada, R. Nadlifatin, T. Chuenyindee and T. Buaphiban, «Factors Affecting Customer Satisfaction in Fast Food Restaurant »Jollibee« During the COVID-19 Pandemic. *Sustainability (Switzerland), 14 (22), 2022.*

[16] I. Bronwyn, Street Food, Culture, Economy, Health and Governance. The Tastiest Food is in the Small Streets: The Politics of Flavors and Nostalgia of Bangkok, pp. 193-213, 2014.

[17] D. Martin-Consuegra, A. Molina, and A. Esteban, «An Integrated Model of Price, Satisfaction and Loyalty: An Empirical Analysis in Service Sector», *Journal of Product & Brand Management, Vol. 16, Iss. 7, 2007.*

[18] F.F. Khiavi, M. Qolipour, M. Saadati, Z. Dashtinejad and I. Mirr, «Gap Analysis between Expectation-Perception of Service Quality-patients' Viewpoints», *Journal of Behavioral Health, vol. 7, No. 2, pp. 53-60, 2018.*

[19] T. Mulyana, W. Susilawati, W. Wufron and N. Mardani, «Service quality factors: Web navigation on online transportation in Indonesia». *Journal of Physics: Conference Series, 1402* (7), pp.1–10, 2019.

[20] D. S. Siregar, «Perceptions and Preferences of Muslim Domestic Tourists in Indonesia as A Halal Tourism Destination (Case Study: Halal Tourism in West Java) ». *International Journal of Humanities, Arts and Social Sciences, 4 (5), pp. 194–202, 2018.*

[21] J. Kaswengi and C. Lambey-Checchin, «How Logistics Service Quality and Product Quality Matter in the Retailer–Customer Relationship of Food Drive-Throughs: The Role of Perceived Convenience», *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, 50* (5), pp. 535–555, 2020.

[22] N. Sanlier, A.C. Sezgin, G. Sahin and E. Yassibas, «A study about the Young Cconsumers' Consumption Behaviors of Street Foods». *Ciencia e Saude Coletiva, 23* (5), pp. 1647–1656, 2018.

[23] A. Sabbithi, S.G.D.N.L Reddi, R. N. Kumar, V. Bhaskar, G.M.S. Rao and V.S. Rao, «Identifying Critical Risk Practices among Street Food Handlers», *British Food Journal, 119 (2), pp. 390–400, 2017.*

[24] I. Razak, «The Effect of Product Quality on Customer Satisfaction, Jurnal Manajemen Dan Bisnis Krisnadwipayana, 07 (02), pp.1–14, 2019.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 4 Jun. 2023, pp. 1508-1510
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

India's G20 Presidency: Importance, Challenges and Future

Siddharth Singh[1] and Shalini Vermani[2]

[1]Student, Apeejay School of Management, India

[2]Associate Professor, Apeejay School of Management, India

Copyright © 2023 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: India is convening the G20 Leaders' Summit for the first time in 2023. India's role as G20 President will be crucial for global stability. This paper discusses how the G20 Presidency can shape India's identity as a global leader and rising power.

KEYWORDS: India, g20, challenges, future.

1 INTRODUCTION

India assumed the presidency of the G20 group of nations, which brings together the world's largest economies to discuss global economic and political issues. The globe has just recovered from COVID-19 pandemic and is dealing with economic unpredictability and the pressing need to address climate change. India's presidency comes at a crucial time. One of the key priorities for India's presidency will be to focus on the recovery from the after effects of pandemic, especially in the developing nations that have been most severely impacted by the catastrophe. India's presidency also comes at a time of growing geopolitical tensions, particularly between the United States and China traditionally. India has adopted a non-aligned foreign policy, but in its role as G20 president, it will need to negotiate these conflicts, maintain its independence, and promote peace and stability around the world. India's presidency of the G20 presents both opportunities and challenges. India has the potential to advance important global concerns including the pandemic, climate change, and geopolitical stability, but doing so would require it to traverse difficult political and economic circumstances. India can use its presidency to advance a more just and sustainable global environment with careful planning and diplomatic efforts.

The G20 presidency offers India a unique opportunity to drive a global narrative at a time when there are perceptible shifts in geopolitical alignments. India's role as G20 president will be central to global stability and macroeconomic coordination as nations strive to recover from the pandemic aftermath and the conflict in Ukraine and tackle climate change. The theme of India's G20 presidency is Vasudhaiva Kutumbakam or "One Earth One Family One Future' which is entirely apt for the current challenges. As stressed by Prime Minister Modi during the G20 summit in Bali, "India's G20 presidency will be inclusive, ambitious, decisive and action oriented."

India, which is home to one-sixth of the world's population, is a microcosm of the entire world.

2 WHAT CONSIST G20 PRESIDENCY?

The G20 does not have a permanent secretariat, and one member assumes the presidency each year to guide the group's agenda, which is divided into two tracks and is overseen by emissaries of the leaders of member nations and finance ministers, respectively. South Africa will hold the G20 presidency in 2025, immediately following Brazil and India. In the run-up to a major summit in the capital New Delhi in September 2023, India will host more than 200 gatherings in 50 cities that will include ministers, officials, and members of civil society.

Corresponding Author: Siddharth Singh

3 THE G20'S RELEVANCE AMID GLOBAL CHALLENGES

Since the G20's founding in 1999, it has grown significantly in importance as a result of its diversity and representativeness. The present membership of the organisation includes all of the G7 (Canada, France, Germany, Italy, Japan, the United Kingdom, and the United States) nations, all of the BRICS (Brazil, Russia, India, China, and South Africa) countries, all of the MITKA (Mexico, Indonesia, South Korea, Turkey, and Australia) forum members, Argentina, Saudi Arabia, and the European Union. Along with these participants, significant international organisations including the World Bank, IMF (International Monetary Fund), WTO (World Trade Organization), and UN (United Nations) also attend the gathering, and Spain, ASEAN (Association of Southeast Asian Nations), and the African Union are invited as permanent guests.

Approximately 80% of the world's economic output, 75% of its commerce, 80% of its carbon dioxide emissions, and 70% of its plastic manufacture are also accounted for by the forum's members collectively. Contrary to expectations, however, the implementation of the group promises made by members has mostly stayed unchanged. The successive summits haven't done much in terms of actions on commitments made by the heterogeneous consortia, save from a concerted effort from the head of states to combat the 2008 economic crisis by pledging USD 4 trillion to resuscitate the global economy. It is clear that the forum is trying to change with the times because topics like clean energy transition and global climate mitigation have just recently started to appear on the agenda of the meetings.

Present-day regional and global difficulties are emerging, possibly as a result of multilateral institutions like the UN and IMF not adequately taking into account the interests of various groups. These organisations had failed to mitigate global difficulties in large part because the absence of structural reforms in them matched India's long-standing view in favour of reforming multilateral institutions.

4 IDEAS FOR INDIA'S LONG-TERM PARTICIPATION AT THE G20

India's aspirations to be a world leader are expected to change significantly in 2023. The opportunity to demonstrate to the world that India is ready and equipped to assert its position as a growing force comes with the unique privilege of India holding the G20 and SCO presidency positions. The Indian nation's chair of the G20 conference in particular has the power to strengthen India's position as a dependable world leader and to establish India's influence over international politics. As a result, it ought to be done with an eye toward impact's endurance as well. It has been announced that the theme of India's presidency will be "Vasudhaiva Kutumbakam - One Earth, One Family, One Future," which reiterates the maxim of working together to address global concerns. Apart from addressing issues such as global health, the digital economy and transformation, climate change, food security, and global financial stability, India's leadership at the G20 should also pay attention to the urgent needs of its neighbours and the developing world by advancing debt relief programmes. As a result of rising oil prices brought on by the ongoing conflict in Ukraine, which has further strained the region's unstable economies, which were already having trouble after COVID-19. India's neighbours Sri Lanka, Bangladesh, and Pakistan have turned to the IMF for financial assistance in recent months. For other low-income nations, like Zambia, who were able to achieve crucial debt relief agreements thanks to the G20's initiative, the situation is worse. Both the Common Framework for Debt Treatment and the G20's Debt Service Suspension Initiative (DSSI), which was launched in May 2020, were positive steps until they encountered internal and external roadblocks.

An equitable multipolar world has long been a goal of India's international aspirations. Its leadership will undoubtedly propagate its decades-long goal of changes and a far more equitable global system, where the global south has a significant say in major decisions. However, India's vision of itself as a global leader and a growing force won't win widespread acclaim unless real answers to the world's problems are found. Therefore, India's role during its presidency should not only concentrate on its capacity to negotiate for a group effort but also incorporate the essence of an inclusive and action-oriented approach to issues that require immediate attention.

India's role as G20 president will be crucial to global stability and macroeconomic coordination as countries work to recover from the effects of the pandemic, the conflict in Ukraine, and combat climate change at a time when there are perceptible changes in geopolitical alignments. Having India in the spotlight on a global scale is one of the key advantages of holding the G20 presidency.

The post COVID-19 recovery is one topic that is on the agenda as international relations are not very stable following the epidemic. Then there is the matter of climate change, which India is particularly concerned about. In the Russia-Ukraine situation, which it has already stated, India can also play a significant role.

5 INDIA CAN PLAY BIG GLOBAL ROLE WITH G20 PRESIDENCY

India will set the global agenda with 200 G20 meetings throughout the nation amid a divided world. It is not comparable to the Non-Aligned Movement, a third-world effort to strike a balance between the US and Russia. India has given a call to end the Ukrainian War and Russian President Vladimir Putin has lauded Indian diplomacy from being free from pressure. India plans to make the presidency a grand show of diplomatic business. It will host over 200 meetings, addressing 32 different sectors, during the period between December 1, 2022, and November 30, 2023, starting from Jammu and Kashmir.

India is the mother of democracy as president of G20 India will look to bring more ideas on to the table. G20 slogan for 2023 'ONE EARTH ONE FAMILY ONE FUTURE' devised by India really summed it up the idea of oneness is highlighted by India again and again and it will be India's agenda for the Presidency

6 FUTURE

India took over the G20 chair at a time when the world is having difficulty reaching agreements on divisive issues including climate change, the digital divide, the Russia-Ukraine war, nuclear threats, reconstruction of global supply systems, a cost-of-living crisis, skyrocketing energy prices.

The G20 priorities established by the Indian Presidency place a particular emphasis on the macroeconomic effects of energy and food insecurity, climate change, the strengthening of multilateral development banks (MBDs), financing inclusivity, equitable and sustainable growth, digital public infrastructure, and climate financing.

India's presidency also comes at a time of growing geopolitical tensions, particularly between the United States and China. Traditionally, India has adopted a non-aligned foreign policy, but in its role as G20 president, it will need to negotiate these conflicts, maintain its independence, and promote peace and stability around the world. India must make sure that the interests of all G20 members, notably developing nations, are represented during its leadership. Careful diplomacy and a readiness to consider many viewpoints and priorities will be necessary for this.

India's presidency of the G20 presents both opportunities and challenges. India has the potential to advance important global concerns including the pandemic, climate change, and geopolitical stability, but doing so would require it to traverse difficult political and economic circumstances. India can use its presidency to advance a more just and sustainable global environment with careful planning and diplomatic efforts.

REFERENCES

[1] The 2023 G7 and G20 summits come at a time of immense global challenges Available at https://reliefweb.int/report/world/g20-policy-paper-2023-g20-summit-recommendations-new-delhi-india.
[2] G20@2023 The Roadmap to Indian Presidency, available at http://www.ncgg.org.in/sites/default/files/lectures-document/G202023.pdf.
[3] https://g20.mygov.in/
[4] https://www.g20.org/en/.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 4 Jun. 2023, pp. 1511-1513
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Angiosarcome mammaire radio-induit: A propos d'un cas

[Radiation-induced breast angiosarcoma: Case report]

Aboueddahab Zineb[1], Mohammadine Chaymaa[1], Laaraj Soukaina[1], El Hassani Moulay El Mehdi[2], Babahabib Abdellah[2], Khalid Guelzim[2], and Kouach Jaouad[2]

Service Gynécologie Obstétrique, Hôpital Militaire d'Instruction Mohamed V Rabat, Morocco

Service Gynécologie Obstétrique, Hôpital Militaire d'Instruction Mohamed V, Université Mohamed V, Faculté de Médecine et de Pharmacie de Rabat, Morocco

Copyright © 2023 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: Breast angiosarcomas are rare tumors, their diagnosis is difficult and the prognosis is worst. We report the case of radiation-induced breast angiosarcoma. The diagnosis is histological and was only made on the surgical specimen. The treatment was essentially surgical. Through this case as well as a review of the literature, we have made an update on this disease.

KEYWORDS: Angiosarcoma; radio-induced; Breast; diagnosis; treatment.

RESUME: Les angiosarcomes du sein se sont des tumeurs rares, leur diagnostic est difficile et de très mauvais pronostic. Nous rapportons le cas d'un angiosarcome du sein radio-induit. Le diagnostic est histologique et n'as été fait que sur la pièce opératoire. Le traitement était essentiellement chirurgical. À travers ce cas ainsi qu'une revue de la littérature, nous avons fait une mise au point sur cette maladie.

MOTS-CLEFS: angiosarcome; radio-induit; sein; diagnostic; traitement.

1 INTRODUCTION

Les angiosarcomes du sein se sont des tumeurs mésenchymateuses malignes rares, elle représente 0,004 à 1% de l'ensemble des tumeurs malignes du sein [1], et 8 à 10% des sarcomes mammaires [2]. Elles sont caractérisées par un mauvais pronostic du fait de sa précocité des métastases et par une présentation clinique polymorphe, qui entraine un retard diagnostique.

2 OBSERVATION

Il s'agit d'une patiente âgée de 72 ans, 4ème geste, 4ème pare, qui avait présenté, à l'âge de 67 ans, un carcinome canalaire infiltrant grade II de Scraff et Bloom, T2N1M0, RH +; HER -; Ki 67: 25%. Ayant bénéficié d'une tumorectomie avec curage axillaire, suivi de chimiothérapie, radiothérapie et hormonothérapie anti-oestrogénique. La patiente a été suivie régulièrement. Quatre ans après, la patiente a présenté un nodule au niveau du sein irradié. L'examen clinique trouve une masse bourgeonnante en regard de la cicatrice mesurant 6 cm, nécrosée (Fig1). Une échographie mammaire a objectivé une masse ovalaire, assez bien limitée, échogène hétérogène renfermant des calcifications, infiltrant le plan cutané et arrivant au niveau de la graisse pré-glandulaire, mesurant 58x43 mm, sans adénopathies, faisant évoquer en premier lieu une récidive tumorale.

Corresponding Author: Aboueddahab Zineb

Une biopsie a été réalisée n'objectivant pas de lésion spécifique avec absence de signes de malignité. Le bilan d'extension a retrouvé des lésions secondaires osseuses au niveau du crâne et de l'épaule. Une mastectomie totale a été réalisée, dont l'analyse anatomopathologique a montré un aspect morphologique et immunohistochimique d'un angiosarcome de haut grade, la taille de la tumeur était de 7x6x2.5cm. Les limites chirurgicales étaient non tumorales. Les suites post-opératoires ont été simples. Par la suite une chimiothérapie adjuvante a été indiquée. Actuellement la patiente est toujours sous chimiothérapie, elle est suivie régulièrement dans notre formation.

Fig. 1. Aspect clinique d'un angiosarcome du sein

3 DISCUSSION

Les angiosarcomes mammaires sont des tumeurs mésenchymateuses malignes rares, qui se développent au niveau du tissu vasculaire mammaire. Le premier cas a été décrit par Borman en 1907 [3]. On distingue deux formes d'angiosarcome mammaire: primitive qui survienne spontanément chez la femme jeune, sans facteur déclenchant évident et secondaire d'origine radio-induite survenant chez la femme plus âgée avec une moyenne d'âge de 70ans [4]. L'incidence de cette dernière est en augmentation du fait de l'augmentation de l'incidence des traitements conservateurs du sein. Le délai moyen entre la radiothérapie et la survenue de l'angiosarcome mammaire est de 5 à 10 ans [4]. La présentation clinique se traduit souvent par une masse associée à des anomalies cutanées tels que un érythème, ecchymoses ou épaississement cutané. Cette masse est en général de grande taille ou de croissance rapide. Cette lésion non spécifique peut être confondue avec un angiome, un hématome ou une télangiectasie atypique, entrainant un retard de diagnostic. L'atteinte bilatérale est fréquente de 21 %. Alors que l'atteinte ganglionnaire est exceptionnelle, elle se voit que dans les formes avancées. La mammographie est peu spécifique, elle peut être normale dans un tiers des cas où elle peut montrer des modifications au cours de la surveillance telles que la majoration de l'épaississement cutané ou l'augmentation de la densité mammaire, d'autant qu'ils s'associent à des anomalies cutanées doivent faire suspecter un angiosarcome radio-induit. La mammographie peut également révéler une masse dense, homogène, de grande taille. L'échographie retrouve dans certains cas des masses hétérogènes, fortement vascularisées au Doppler. L'IRM est indispensable pour une meilleure caractérisation et permet le bilan d'extension locale, l'angiosarcome se présente sous forme d'une masse en hyposignal en T1 et en hypersignal en T2 avec des zones tabulaires en périphérie en hypersignal plus intense en T2, évoquant la présence de vaisseaux sanguins [1], Cahan et al. ont proposé quatre critères pour le diagnostic des sarcomes radio-induits [5]: un antécédent de radiothérapie, une latence clinique de plusieurs années (plus de cinq ans), la survenue du sarcome dans le champ irradié, la confirmation histologique de la nature sarcomateuse de la lésion post-radique. Le diagnostic de certitude est histologique, parfois difficile sur les biopsies. Il doit être porté sur toute la tumeur. L'amplification de c-MYC en immunohistochimie est un marqueur essentiel permettant d'affirmer l'origine radio-induite de l'angiosarcome, et non son origine primitive [6]. Le traitement n'est pas standardisé, il fait appel à la chirurgie parfois précédée de chimiothérapie néoadjuvante. La chirurgie repose sur une mastectomie totale avec des marges saine de 2-3cm, le curage axillaire n'est pas indiqué compte tenu de la faible atteint ganglionnaire, sauf s'il existe des ganglions palpables [7]. La

chimiothérapie adjuvante et la radiothérapie dans les angiosarcomes a été décevante. La chimiothérapie semble apporter un gain pour la survie et une diminution des récidives locales et des métastases. En revanche, pour l'hormonothérapie, aucune étude n'a justifié son utilisation dans le traitement. Une nouvelle thérapie a été étudié en utilisant les anticorps antifacteurs de croissance (l'anti-vascular endothelial growth factor (VEGF) et l'anti-fibroblast growth factor (FGF)) [8]. Le pronostic est défavorable, de l'ordre de 10 à 54 % de survie à 5 ans du fait d'un taux de récidive locale et à distance élevé, notamment une atteinte métastatique pulmonaire [9].

4 CONCLUSION

Les angiosarcomes du sein se sont des tumeurs très rares. Leur diagnostic est souvent difficile entrainant un retard de diagnostic et leur pronostic est très mauvais. La chirurgie précoce permet s'améliorer la survie globale.

REFERENCES

[1] Chouhou L, Moussaoui DR, Khaled H, Fehri HS, Jalil A L, Souadka A, et al. Breast angiosarcomas: three case reports. *Annales de chirurgie.* 2003; 128 (1): 43–48.
[2] Boufettal H, Noun M, Hermas S, Samouh N, Benayad S, Karkouri M, et al. Angiosarcome mammaire: à propos d'un cas. Annales de pathologie. 2013; 33 (3): 217–22.
[3] Chen KT, Kirkegaard DD, Bocian JJ. Angiosarcome primitive du sein chez l'homme. Ann Pathol 2005; 25 (3): 235—9.
[4] Chesebro AL, Chikarmane SA, Gombos EC, Giardino AA. Radiation-associated angiosarcoma of the breast: what the radiologist needs to know. AJR Am J Roentgenol 2016; 207 (1): 217—25.
[5] Murakami Saburo, Nagano Hiroto, Okubo Katsuhiko, Sakata Hideto, Tsuji Yoshitaka, Ishiguro Toru, et al. Angiosarcoma of the breast: report of case and its finding in MRI. Breast Cancer. 2001; 8: 254–8.
[6] Ginter PS, Mosquera JM, MacDonald TY, D'Alfonso TM, Rubin MA, Shin SJ. Diagnostic utility of MYC amplification and anti-MYC immunohistochemistry in atypical vascular lesions, primary or radiation-induced mammary angiosarcomas, and primary angiosarcomas of other sites. Hum Pathol 2014; 45 (4): 709—16.
[7] Poper H, Thomas LB, Telles NC, Falk H, Selikof IJ. Devellopement of hepatic angiosarcoma in man induced by vinyl chloride, thorostat and arsenic. Am J Path 1978; 92: 349–76.
[8] Pegram MD, Reese DM. Combined biological therapy of breast cancer using monoclonal antiboy against VEGF. Semin Oncol 2002; 29 (supp11): 29–37.
[9] Naka N, Ohsawa M, Toumita Y, Kanno H, Uchida A, Myoui A, Aozasa K. Prognostic factors in angiosarcoma: a multivariate analysis of 55 cases. J Surg Oncol 1996; 61: 170–6.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 4 Jun. 2023, pp. 1514-1519
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Co-operative learning method and metalwork student's academic achievement in technical colleges

Shefiu Ogunbote[1] and Rasheed Adegbenro Dawodu[2]

[1]Department of Technology Education, Lagos State University of Education, Oto, Ijanikin, Lagos, Nigeria

[2]Department of Technology Education, Lagos State University of Education, Oto, Ijanikin, Lagos, Nigeria

Copyright © 2023 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 paper investigates cooperative learning method and Students' Academic achievement in Technical College Metalwork Technology in Lagos state. The study covered four out of five Technical Colleges in Lagos state. To guide the study one research question and one hypothesis are formulated and tested at 0.05 significant level. To guide the study one research question and one hypothesis are formulated and tested at 0.05 significant level and Quasi experimental designed was used for the study. Eight (80) students were randomly sampled from the four technical colleges and assigned to experimental and control groups. A thirty-five Metalwork achievement test (MWAT) adapted from National Board for Business and Technical Education past questions papers was used to assess the students. Validation of the instrument was established by four experts in metalwork technology and reliability of the instrument using person product moment correlation yields 0.89. Data collected were analysed using mean and T-test statistics. The findings revealed that cooperative learning method has significant effect on students' academic achievement in Metal Work Technology in Technical Colleges. Based on the findings, it was recommended that cooperative learning method should be adopted in teaching metal work technology in technical colleges.

KEYWORDS: Cooperative learning, metalwork technology and academic achievement.

INTRODUCTION

One of the principles of education in Nigeria to equip every citizen with knowledge, skills, attitudes and values that will enable him/her derive maximum benefits from his membership of society, have a fulfilling life and contribute towards the development and welfare of the community (FRN, 2013). Recognizing the importance of technical education in general and metal work in particular in National development, the Federal Government of Nigeria (FRN, 2013) infuse metal as one of the subject to be studied at all level of the educational institutions provides opportunity for

technological development. Oranu (2002) observed that one of the most rapidly growing units of our educational system is technical education. In emphasizing the increasing complexity in industrial development through technical education, Olaitan (2001) describes it as education for lives-work and national development.

Co-operative learning is the umbrella term for a variety of educational instructional strategies involving joint intellectual effort by students, or students and teacher together. According to Duckworth (2010) co-operative learning is students working together in small groups, thereby helping each other to achieve a certain goal in the teaching and learning process. It is part of group teaching and learning techniques where students interact with each other in order to meet expected learning outcomes.

Also, Alton (2015) asserted that cooperative learning is a method that assist instructors in carrying out the process of teaching and learning for students to reach their goals effectively. Therefore, cooperative learning method requires a small number of students to work together on a common task, supporting and encouraging one another to improve their learning through interdependence and co-operation with one another

Larry, Z. Hartman, (2002). Teaching Metalwork at the Technical College requires good teaching, skills and mastery of the subject matter. Dawodu (2014**)** asserted that for the Technical College graduates to be well trained in Metalwork technology, their teachers must have possessed the needed competencies for teaching the subject at the Technical Institution level.

Academic Achievement in metalwork technology connotes performance in metalwork as symbolized by a score an achievement test in the subject. Alturm (2003) contended that achievement is dependent on several factors among which are instructional methods, the learning environment and the learner. The integration of co-operative learning method into metal work technology classroom interaction needs teacher to have interesting and rich materials for learning that foster thinking, creativity, production and how to save problems using practical approach.

Academic Achievements of students have been found to be enhanced by the use of cooperative learning Alturm (2015); Bulama (2003) and Bashir (2005) stated the fact that cooperative learning has been linked to increase in the academic achievement of learners at all ability levels is another reason for its usage. Mkomele (2015) noted that cooperative learning activity engages the student in the learning process and seeks to improve the critical thinking, reasoning and problem solving skill of the learner.

The study therefore seeks to find out the efficacy of co-operative learning instructional method in technical college students' achievement in metal work technology.

STATEMENT OF THE PROBLEM

The use of co-operative learning instructional method is capable of motivating students' achievement and improving the students critical thinking, reasoning, retention and problem solving skills.

As reported by Okobia (2012) causes of students' poor achievement has to do with the instructional methods used by the teachers, which are inadequate to bring about desired level of achievement and classroom participation of students. Some of the methods used by teacher are conventional which makes students to become passive. Eze (2009) and Osakwe & Oganwu (2005) found that many Nigeria teachers mostly used conventional teaching method that centers on the teacher, textbook, the chalk and the chalkboard. However, conventional teaching method presently used by the metal work teachers to teach technical college students has been proved inadequate due to deteriorating annual failure of students in the National Business and Technical Examination Board [NABTEB].

Hence, the researcher is curious to know what causes the students poor achievement in metalwork technology. Therefore, the study investigated if cooperative learning instructional method have any effect in technical college student's achievement in metalwork technology.

PURPOSE OF THE STUDY

The purpose of this study was to investigate co-operative learning method and students' academic achievement in Technical College Metalwork Technology.

specifically, the purpose of this study sought to:

Compare the mean percentage score of students taught metal work technology using cooperative learning method and those taught using conventional teaching method.

RESEARCH QUESTION

What are the mean percentage scores of students taught Metalwork technology using cooperative learning method and those taught using conventional teaching method?

HYPOTHESIS

The hypothesis formulated are tested at 0.05 level of significance.

Ho_1, there is no significant effect in academic achievement in metal work technology of technical college between students taught using cooperative learning method (CLM) based on their mean percentage scores in Metalwork Technology Achievement test.

LITERATURE REVIEW

Study conducted by Vitalice (2018) among secondary school students in Kisii achievement and attitude toward oral literature genres and outcome shows that cooperative learning approach is the starting point in improving the learner's performance and attitude towards the study of oral literature genres. In the study of Mkomele (2015) among secondary schools in Temeke District in Tanzania on cooperative learning approaches it was established at the approaches stimulate cognitive development along with constructivist approaches that place the students at the centre of the learning process.

Also, Ehsan, Vida and Mehdi (2019) examine the impact of cooperative learning on developing speaking ability and motivation towards learning English in China, cooperative learning approaches showed a significant improvement than those from control group which used other approaches of learning. Another study of Osalusi (2012) investigate the difference between cooperative learning in the experimental group and other teaching methods in control group. The findings revealed a significant difference in the critical thinking and decision making ability level between the experimental and control groups. The study revealed that cooperative learning method had higher mean score's as compared to those exposed to other methods of teaching. Another study by Christian and Pepple (2012) investigated the effects of cooperative and individualized learning strategies on students' achievement in chemistry in River state; 370 senior secondary schools factorial protest post-test quasi experimental and control design was adopted for the study.

Two research questions and two hypotheses were posed for the study, a 35 item multiple choice chemistry achievement test and CA1 was used for data collection. Mean, standard deviation, linear regression, ANCOVA, and scheffe multiple comparisons were used for data analysis. The results show statistically effect of cooperation learning student achievement in chemistry. The reviewed literature is of concern with students' achievement which is similitude of the present study.

METHODOLOGY AND PROCEDURE

DESIGN

A quasi experimental research design was employed using two groups experimental and control.

POPULATION

The population of the study comprises of all Metalwork Students in Technical Colleges in Lagos State.

SAMPLE AND SAMPLING TECHNIQUES

Simple random sampling was used in selecting four Technical Colleges from 4 LGA in Lagos State. From each of the 4 colleges, 20 year 11 Metalwork technology students were selected. The students were randomly assigned to two (treatment and control) groups.

INSTRUMENT

The instrument used for data collection was metalwork achievement test (MWAT). The Metalwork Achievement Test (MAT) is a 35 item multiple choice achievement test adapted from National Business and Technical Education Board (NABTEB) past question papers. The content of the adapted questions covers the syllabus of the class chosen for the study.

VALIDATION AND RELIABILITY OF INSTRUMENT

The face validity of the instrument was established by: Two experts in metalwork with NABTEB and Two Experienced Metalwork teachers drawn from Technical colleges in Epe and Ikorodu L.G.A in Lagos State.

Pearson product moment correlation a reliability coefficient of 0.89 were obtained.

EXPERIMENTAL PROCEDURE

The Metalwork teachers in the technical colleges selected were used in administering the instrument. The cooperative learning method was used for the experimental group and the conventional teaching method for control group. The topics

were taught for a total of six periods of 40 minutes each for each group. The instrument of 35 items was administered to both group for a duration of 50 minutes after which the instrument was collected.

METHOD OF DATA ANALYSIS

The data for the study was analysed using simple percentage. These were summed up and the mean percentage score computed for each of the two groups t-test statistic was used to test the hypothesis.

RESULTS

The results of the study are presented in the table below.

RESEARCH QUESTION 1

What are the mean percentage scores of student taught metalwork using cooperative learning method and those taught using conventional teaching method?

Table 1. Mean percentage scores of students in experimental groups

Group	N	Mean score $\bar{x}$
Experimental group (cooperative learning method)	40	53.5
Control group (conventional Teaching Method)	40	25.3

Data in Table 1 showed that students taught with cooperative learning method had percentage mean score of 53.5 whilst those taught with conventional teaching method had percentage mean score of 25.3. The study reveals that the experimental group (cooperative learning method performed better than the control group (conventional teaching method)

HYPOTHESIS

There is no significant effect in the academic achievement in metalwork technology of technical college between students taught using cooperative learning method and those taught using conventional teaching method.

Table 2. T-test analysis of mean achievement scores of students taught using cooperative learning method and those taught using conventional teaching method

Teaching Method	N	Mean score	SD	STD	T-cal	T-crit	Decision hypothesis
Cooperative Learning method	40	53.5 3.5	9.54 4.23	1.65	17.1	1.96	Rejected
Conventional Teaching Method	40	25.3	4.23				Rejected

From the Table 2, the t-test revealed that t-calculated (17.1) is greater that the t-critical (1.96) at 0.05 level of significance, the null hypothesis that status that there is no significant effect in the academic achievement in metalwork technology of technical college between students taught using co-operative learning method and those taught using conventional teaching method is rejected. The result implies that the students taught Metalwork with cooperative learning approach significant 1, outperformed students taught with cooperative learning method out per form those taught with conventional teaching method in metalwork.

DISCUSSION

The findings in this study have demonstrated that the effectiveness of cooperative learning method in the teaching of metalwork at the technical colleges. Data presented in Table 1 and 2 provide answer to research question 1 and test to

hypothesis 1. Findings revealed that students taught Metalwork with cooperative learning approach significant, outer per students formed students taughts with conventional teaching method. An explanation for this could be as a result of the students learning, investigate and construct ideas in groups.

The result of this study are in line with Osalusi (2012), Vitalice (2018); Mkomele (2015); Ehsan, Vida & Mehdi (2019); and Christian and Pepple (2012) in which they asserted that cooperative learning method of instruction has significant effect on students' academic achievement.

IMPLICATIONS OF THE STUDY

The findings of this study have implications for students, teachers, curriculum planners and Administrators. The students must realise that when learning occur in groups and sharing common purpose and tasks, the students must broaden interactions to fit the zone of maximum response opportunity.

The teacher should model their method of instruction to enforce student-student interaction.

Moreso, the curriculum planners should develop appropriate curriculum that would made provision for adoption of cooperative learning method for teaching metalwork in technical colleges.

There is urgent need for the administration of technical colleges in providing facilities for practical as the need arises for the implementation of teaching metal work with cooperative learning method.

RECOMMENDATIONS

Based on the findings of the study, the following recommendations are made:

1. Cooperation learning method should be adopted by the school's administrator as effective learning approach in teaching metalwork
2. Metalwork technology teachers should be trained and re-trained to update their skills in teaching effectively
3. The curriculum planners should incorporate cooperative learning strategy in the curriculum of the students and teacher training institutions for competent use of method
4. Students should be carefully instructed in the use of cooperative learning techniques to enable the successful integration of new concept into the existing cognitive structure

CONCLUSION

The study has proved that cooperative learning method in teaching metal work is more effective than conventional teaching method of instruction. The study has contributed to knowledge on the effect of cooperative learning to enhance effective understanding and comprehension of metalwork concepts and acquisition and this motivates the interest of the students.

REFERENCES

[1] Altherton, M. (2003) Computer Aided Interactive Video Instruction: closing the gap between the needs and outcomes in competency based on leadership management and organisational development training. *British library cataloguing in publication data: Technology based learning, 188-194.*

[2] Alturm, S (2015) The Effect of Cooperative Learning in Students Achievements and Views in the Science and Technology Course. *International Electronic Journal of Elementary Education, 451468*.

[3] Bashir, M.O. (2005) Cooperative learning as an instruction strategy. Paper presented at the *seminar on the use of instructional strategies to improve learning.* Organised by science Education programme, Abubakar Tafawa Balewa University, Bauchi, Nigeria.

[4] Bulama, A.M. (2003) Studies on the Appropriate Method of teaching Biology with High Achievement. *Unpublished Bachelor of Science Education project,* Abubakar Tafawa Balewa University, Bauchi, Nigeria.

[5] Christian and Pepple (2012) Cooperative and Individualized Learning Strategies as Predictors of Students Achievements in Secondary School Chemistry in River State, *Nigeria. Journal of Vocational Education and Technology Vol 9, No 2*.

[6] Dawodu, R.A. (2014) Effects of computer Assisted Instruction on Technical Colleges Students' Academic Achievement, Interest and Retention in Metalwork Technology in Lagos state. *thesis,* University of Nigeria, Nsukka.

[7] Duckworth, A. H. (2010) Cooperative Learning: Attitudes, Perceptive, and Achievements in a Traditional Online and Hybrid Instructional Setting. *The University of Southern Mississippi, 55-80.*

[8] Ehsan N; Vida S. & Mehdi, N. (2019) The Impact of Cooperative Learning on Developing Speaking Ability and Motivation toward Learning English. *Journal of Language and Education, 5 (3 (19).*

[9] Eze, P.I. (2009) Effects of resource persons in junior secondary school students' achievement in social studies. *Journal of curriculum studies, 16 (4), 279 – 284*.

[10] Federal Republic of Nigeria (2013) *National Policy on Education (Revised*). Lagos: NERDC Press.

[11] Larry, Z. Hartman (2002) Cooperative learning in the secondary school mathematics classroom: discussion theory and contemporary Research. *Adolescent Learning and Development Education, 0500A, 1-6.*

[12] Mkomele, K. L. (2015) Teachers Perception on Critical thinking in Secondary School in Tanzania: A case study of Mjimwema Ward. *A Dissertation, 10-86.*

[13] National Business and Technical Education Board (2013) *Report of performance of students in NTC examination.*

[14] Okobia, E.O. (2012) The teacher factor in enhancing quality assurance in the teaching/learning of social studies. *Review of European Studies, 4 (4), 148-156.*

[15] Olaitan, S.O. (2001) *Practical Research Methods in Education.* Onitsha: Summer Educational Publishers.

[16] Oranu, R.N. (2002) Assessment-of-instructional-media-utilization-in-staff-training-in-the-banking- industry. Retrieved from *http://www.google.com.ng/url?sa=t&source=web&cd.*

[17] Osakwe, E.O. and Oganwu, P. (2005) Teachers Instructional Strategies and cognitive style as factors in students' achievement in social studies. *Journal of the World council for curriculum and Instruction, 5 (1), 179-194.*

[18] Osalusi, F. M (2012) Development of Critical thinking abilities: A challenge to Social Studies Teachers. *Journal of Ekiti State University,* Ado-Ekiti. Nigeria.

[19] Vitalice, M.S (2018) Effects of Cooperative Learning approach on the Students Achievements and attitude towards Oral Literature Genres in selected Secondary School in Kisii, Kenya. *International Journal of Science and Research. 2319-7064.*

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 4 Jun. 2023, pp. 1520-1526
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Evaluation des risques professionnels au centre hospitalier Abass Ndao de Dakar

[Assessment of professional risks at Abass Ndao hospital center in Dakar]

Aer Diatta, D. Diedhiou, B.B. Diedhiou, and M. Ndiaye

Service de médecine du travail, Faculté de médecine, de pharmacie et d'odontostomatologie, Université Cheikh Anta DIOP, Dakar, Senegal

Copyright © 2023 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: *Objectives:* To evaluate occupational risks at the Abass Ndao Hospital Center.
Methodology: This was an observational, descriptive study conducted in internal medicine in July 2021. Data collection was based on direct interviews and observation of work situations using a pre-established questionnaire containing all the parameters of PRRA in a hospital environment.
Results: Out of 118 agents, the sex ratio (M/F) was 0.66 and the average age was 36.49 years. Our agents were medical (35.6%) and support staff (64.4%). Biological products were handled in 35.6% and 38.1% used sharp equipment and recapping was practiced in 31.6%. AES were reported in 9.3% and Covid-19 infection in 8.4%. About 87.2% reported awkward postures. Musculoskeletal disorders were reported in 68.6%, handling of heavy loads in 77.1% and electrical risk in 90.7%. The agents were exposed to irritating (100%), corrosive (60%), toxic (33%) and flammable (100%) products, mainly by the cutaneous, respiratory and ocular routes. Approximately 33.8% of the workers suffered from varying degrees of professional stress and 67.8% declared that they were victims of violence, especially verbal violence. Only 5% said that their remuneration met their expectations.
Conclusion: Work-related nuisances are frequent, varied and of varying severity in health facilities. It is urgent to implement corrective and preventive actions to ensure the health and safety of workers and patients.

KEYWORDS: Occupational medicine, occupational risk, hospital, Senegal.

RESUME: *Objectifs:* évaluer les risques professionnels au centre hospitalier Abass Ndao.
Méthodologie: Il s'agissait d'une étude observationnelle, descriptive réalisée en médecine interne en Juillet 2021. La collecte des données s'était basée sur des entretiens directs et l'observation des situations de travail à partir d'un questionnaire pré établi contenant tous les paramètres d'EvRP en milieu hospitalier.
Résultats: Sur 118 agents, le sex ratio (H/F) était de 0,66 et l'âge moyen de 36,49 ans. Nos agents exerçaient des fonctions médicales (35,6%) et de personnel de soutien (64,4%). Les produits biologiques étaient manipulés dans 35,6% et 38,1% utilisaient du matériel piquant ou coupant et le recapuchonnage était pratiqué dans 31,6%. Les AES étaient rapportés dans 9,3% et l'infection à la Covid-19 dans 8,4%. Environ, 87,2% signalaient des postures contraignantes. Les troubles musculosquelettiques étaient signalés dans 68,6% et la manutention de charges lourdes dans 77,1% et le risque électrique dans 90,7%. Les agents étaient exposés aux produits irritatifs (100%), corrosifs (60%), toxiques (33%) et inflammables (100%) et essentiellement par voie cutanée, respiratoire et oculaire. Environ, 33,8% des agents souffraient à des degrés variables de stress professionnels et 67,8% déclaraient être victimes de violences surtout verbales. Seuls 5% déclaraient que leur rémunération répondait à leur attente.
Conclusion: Les nuisances professionnelles sont fréquentes, variées et de gravité variable au niveau des structures sanitaires. Il est urgent de mettre en œuvre des actions correctives et préventives pour assurer la santé et la sécurité des travailleurs et des patients.

MOTS-CLEFS: médecine du travail, risque professionnel, hôpital, Sénégal.

Corresponding Author: Aer Diatta

1 INTRODUCTION

La garantie de la santé et de la sécurité des salariés est un réel enjeu social. Dans le domaine de la santé, outre les professions de soins (médecin, infirmier, etc.), de nombreux corps de métiers sont représentés à l'hôpital en tant que fonction support. La plupart y sont exercés avec des contraintes particulières (blanchisserie, cuisine, atelier de réparation des matériels, secrétariat, standard téléphonique, jardinage, etc.) ce qui les exposent à de nombreux risques professionnels [1]. En effet, l'hôpital cumule les risques inhérents à toute activité de travail (accident de travail (AT) classique, accident de trajet) et les risques liés à sa spécificité. Celle-ci tient à la présence d'agents pathogènes, d'allergènes, de dispositifs médicaux potentiellement dangereux. Elle tient également à la composante du travail hospitalier qu'est la relation d'aide à autrui, dans ses aspects physiques (manutention) ou psychiques (stress). Enfin, les horaires de travail et le vieillissement du personnel infirmier ont également des conséquences sur l'état de santé. Chaque année près de 1000 accidents exposant au sang (AES) sont déclarés aux hospices civils de Lyon [2]. Au Maroc, 905 accidents en service et 55 maladies contractés dans le service ont été déclarés à la direction des ressources humaines du ministère de la santé en 2003 [3]. Au Sénégal, les évaluations des nuisances professionnelles en milieu hospitalier sont rares malgré leur diversité. Ce sont ces raisons qui nous motivé à initier cette étude qui s'inscrit dans le domaine de la SST pour le personnel hospitalier et dont la finalité vise la prévention des risques professionnels, la protection de la santé du personnel et l'amélioration des conditions de travail.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

Nous avons mené une étude observationnelle, descriptive dont l'objectif général était d'évaluer les risques professionnels à la Clinique Médicale II du Centre Hospitalier Abass Ndao de Dakar durant le mois de Juillet 2021. Ce service est composé de 3 départements que sont: le centre antidiabétique Marc Sankalé, le service d'hospitalisation de médecine interne et la consultation de médecine interne où les pathologies de médecine interne autres que le diabète y sont prises en charge. Le service d'hospitalisation de médecine interne est une unité de 36 lits répartie en 20 salles. La population était constituée de tous les agents du centre hospitalier Abass Ndao qui interviennent dans les activités du service de médecine interne. Il s'agissait, au-delà du personnel médical et paramédical dudit service, des agents de soutien, du personnel de l'administration et celui d'aide au diagnostic et à la prise en charge.

L'instrument d'étude était l'observation réelle des situations de travail avec la description du poste de travail et un questionnaire pré établi contenant tous les paramètres d'évaluation des risques professionnels (EvRP) [4] en milieu hospitalier composé des données sociodémographiques, professionnelles et cliniques du personnel. L'évaluation des différents risques professionnels a été obtenue par le croisement de la gravité et de la probabilité de survenue des dangers répertoriés au sein du service et elle a permis de hiérarchiser en priorité 1 (rouge), priorité 2 (jaune) et priorité 3 (vert). Le consentement éclairé avait été obtenu chez tous les participants. Les motivations et les objectifs de cette étude leur avaient été correctement expliqués. Ils ont été rassurés de la stricte confidentialité de toutes les données.

3 RÉSULTATS

3.1 DONNÉES SOCIODÉMOGRAPHIQUES

Sur un total de 750 agents du Centre Hospitalier Abass Ndao, nous avons inclus 118 sujets (15,7%) faisant partie des agents participant à l'activité quotidienne du service de Médecine Interne. Le sex ratio (H/F) était égal à 0,66 et l'âge moyen était de 36,49 ans (extrêmes 18 et 61 ans). Il s'agissait de 42 agents d'âge inférieur à 31 ans (35,6%), de 36 agents entre 31 et 40 ans (30,5%), de 24 agents entre 41 et 50 ans (20,3%) et de 16 agents d'âge supérieur à 50 ans (13,5%). Concernant le niveau d'instruction, les agents étaient non instruits dans 14 cas (11,9%), de niveau primaire (31 cas, 26,3%), secondaire (30 cas, 25,4%) et supérieur (43 cas, 36,4%). Les agents étaient célibataires (45 cas, 38,1%), mariés (64 cas, 54,2%), veufs (07 cas, 6%) et divorcés (02 cas, 1,7%). Une addiction était retrouvée chez 06 agents et concernait un tabagisme dans 100% des cas. Les agents portaient des lunettes dans 25 cas (21,2%) et un audiomètre avait été réalisé chez un seul travailleur.

3.2 DONNÉES PROFESSIONNELLES

Notre population était constituée de techniciens de surface 29,6% (n=35), de médecins 16,1% (n=19), d'infirmiers 19,5% (n=23), d'agent de sécurité 13,5% (n=16), de technicien de maintenance (n=10), de chauffeur (n=6), de brancardier (n=3), de secrétaire (n=3), de jardinier (n=2), de gardien de morgue (n=1), et d'archiviste (n=1). Chez 60 personnels (50,8%), aucune qualification n'était retrouvée. Ils disposaient d'un contrat à durée déterminée (CDD) dans 64,4% (n=76), à durée indéterminée (CDI) dans 22% (n=26) et de stagiaire dans 13,6% (n=16). L'ancienneté dans la structure était inférieure à 5 ans dans 54,2%

(n=64), et supérieure à 5 ans pour 45,8% (n=54). L'ancienneté dans le service était inférieure à 5 ans pour 56,8% (n= 67) et supérieure à 5 ans dans 43,2% (n=51). Les agents n'étaient pas satisfaits de leur rémunération dans 111 cas (94%).

Un accident du travail était déclaré dans 21 cas (17,8%) et représenté par 11 cas d'accidents d'exposition au sang (AES), 06 chutes par glissade, 01 électrocution, 01 contusion par un marteau et 01 traumatisme au pied, 02 accidents de trajet. Les agents avaient signalé des troubles musculosquelettiques chroniques dans 79 cas (66,9%) et dominés par les lombosciatalgies (70 cas, 59,3%). Au cours de l'enquête, 10 cas (8,4%) d'infection à la Covid-19 étaient signalés.

3.3 Description Des Postes De Travail

Le personnel médical disposait de toutes les commodités telles que la climatisation, des bureaux spacieux et bien aérés avec un nombre d'occupant moindre. Ils avaient accès aussi à toutes les installations permettant de satisfaire un besoin physiologique (douche, toilette et lit de pose) et sanitaire (lavabo et point d'eau). Cependant, ils sont exposés aux effets des positons debout et assise prolongées, aux déplacements fréquents et au travail nocturne surtout chez les médecins stagiaires. Au niveau des autres catégories d'agents, les conditions d'exercice étaient précaires. Les bureaux étaient en communs, exigus, encombrés, moins aérés, sans climatisation. Les salles et lits de pose existaient, mais les points d'eau et les toilettes n'étaient pas à proximité. Ils étaient exposés aux effets des positions prolongées, aux déplacements multiples, aux positions penchées prolongées.

3.4 Risques Biologiques

Dans notre population d'étude, seuls 24 agents (20,3%) étaient sensibilisés sur les risques biologiques. Il s'agissait de tous les médecins, de 03 infirmiers, du chef de service de l'hygiène et de la sécurité et d'un technicien de surface formé aux risques professionnels. Les produits biologiques étaient régulièrement manipulés par 42 agents (35,6%) et ils étaient constitués du sang, des urines, des selles, des sécrétions bronchiques et des crachats. Parmi le personnel, 45 agents (38,1%) utilisaient du matériel piquant ou coupant et le matériel utilisé était les seringues (42 cas), les lames de bistouris (37 cas), les vices (10 cas) ou encore les ciseaux (37 cas). Le recapuchonnage des aiguilles usagées était pratiqué chez 37 agents; les collecteurs à aiguilles étaient disponibles pour 39 agents (33%) et 60,2% déclaraient disposer de conteneurs. L'utilisation de masques et/ou de gants était systématique chez tous les agents en cette pandémie de Covid-19. Il en était de même pour les tenues de travail (ou blouse chez le personnel médical) et les gels antiseptiques. Les vaccins anti tuberculeux, contre l'hépatite B, la rougeole et la fièvre jaune étaient effectifs chez 50 agents (42,3%) et 08 agents avaient déclaré n'avoir pris aucun vaccin. La vaccination anti covid-19 était initiée chez 105 agents (89%). En l'absence de réfectoire au Centre Hospitalier Abass Ndao, les agents prenaient leur repas ou fumaient leur cigarette sur leur lieu de travail. Les accidents d'exposition au sang (AES) étaient rapportés dans 11 cas (9,3%). Cependant, 08 et 06 agents connaissaient respectivement les procédures à suivre en cas d'AES et l'existence d'un registre de déclaration des AES et maladies professionnelles.

Les infections les plus redoutées par le personnel étaient la covid-19 (100%), la tuberculose dans 118 cas (100%), le virus de l'immunodéficience acquise (VIH) dans 66 cas (55,9%), l'hépatite B ou C dans 67 cas (56,8%), le tétanos dans 88 cas (86 cas, 72,9%), les mycoses (86 cas, 72,9%) et les parasitoses (99 cas, 83,9%)

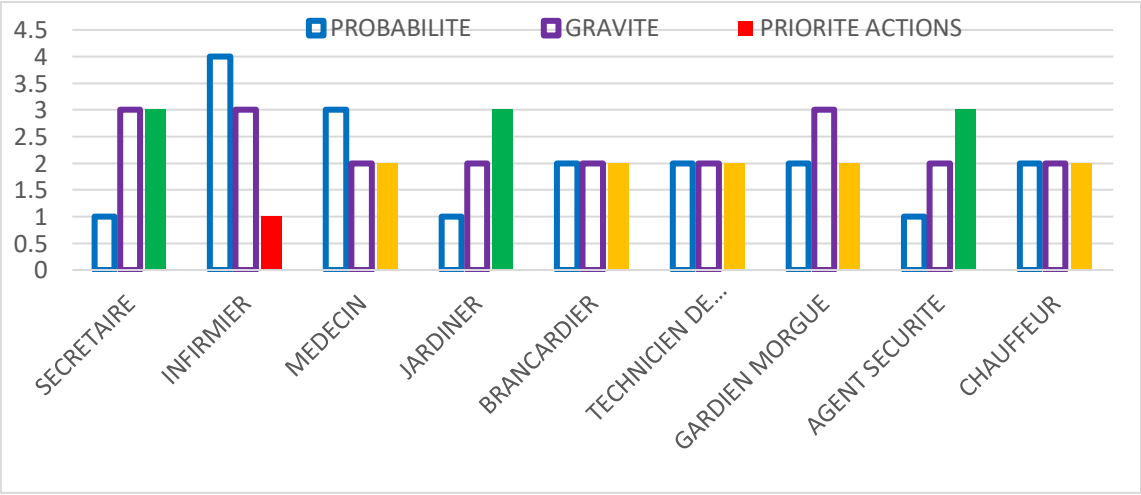


Fig. 1. Hiérarchisation des risques biologiques

3.5 Risques Psycho-Sociaux

Les facteurs de risque psychosociaux concernaient 40 agents (33,8%) et ils se traduisaient par la pression du supérieur hiérarchique (93,2%), la charge de travail (75,4%) et la confrontation à la maladie au quotidien (35,6%). Parmi le personnel, 53 agents (49,9%) déclaraient souffrir de troubles du sommeil en rapport avec le travail et les facteurs incriminés étaient la pression professionnelle (12,7%), la prise de garde (25,4%), l'état des malades et la mort (16,9%). Quatre-vingt (80) agents étaient exposés aux violences verbales et 49 agents déclaraient que leur poste actuel ne répondait pas à leur attente. En ce qui concerne la satisfaction de la rémunération, 06 agents (5%) déclaraient que leur rémunération répondait à leur attente et il s'agissait essentiellement des chefs de division. Au cours de notre enquête, 101 agents (85,6%) déclaraient avoir suffisamment de responsabilité dans leur activité et 66 agents (55,9%) avaient suffisamment de liberté dans leur activité.

3.6 Risques Ergonomiques Et Physiques

Dans notre population, 87,2% (n=103) adoptaient des postures contraignantes prolongées au cours de leur activité professionnelle à savoir une position assise, debout ou encore accroupie, une position penchée en avant ou latéralement, une torsion du tronc ou du cou. Nous avons enregistré des troubles musculosquelettiques chez 68,6% (n=81) et ils étaient dominés par les lombosciatalgies (n=74) suivis des gonalgies (n=4), des brachialgies (n=2) et des talalgies (n=1). Soixante-huit agents (57,6%) jugeaient que leur espace de travail n'était pas ergonomique. La manutention de charges lourdes était pratiquée par 91 agents (77,1%). Il s'agissait principalement du personnel de soutien. L'activité quotidienne répétitive était signalée par 109 agents (92,4%). Le bruit ambiant était gênant dans 51,7% et à l'origine de perturbation de la communication interpersonnelle dans 44%. La température des postes de travail était défavorable dans 38% et 90,7% des agents étaient exposés au risque électrique. Tout le matériel utilisé n'avait pas bénéficié d'un entretien régulier et était pour la majorité déjà réformé. En plus, l'alimentation électrique était utilisée sans modulateur d'énergie. A cela s'ajoute les coupures récurrentes de courant avec alternance avec une mini-centrale électrique. La majorité des agents utilisaient des plaques électriques pour réchauffer l'eau, les repas ou faire du thé. L'activité des techniciens de surface se faisait pendant les activités médicales sans balise de sécurité. Il n'y avait pas de système de séchage rapide des sols. Par conséquent, le risque de glissade et de chute de plain-pied était présent pour tous y compris le jardinier mais il était moindre chez les agents de sécurité et les chauffeurs qui officiaient à l'extérieur du service.

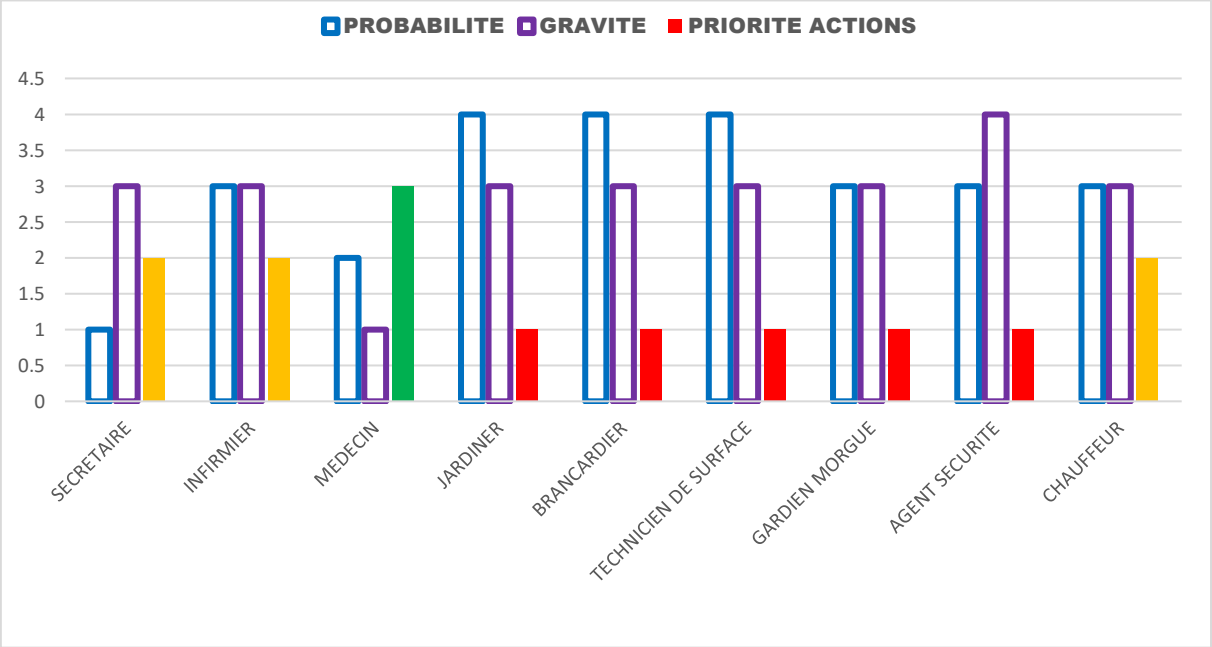


Fig. 2. Hiérarchisation des risques physiques et ergonomiques

3.7 Risques Chimiques

Dans notre étude, tous les agents manipulaient ou étaient exposés à au moins un produit irritant. Il s'agissait principalement de l'alcool et ses dérivés, de l'eau de javel ou du savon liquide, solide, ou en poudre. Ces produits étaient habituellement

utilisés pour le lavage des mains et du matériel de soins. Chez les infirmiers, l'éther étaient aussi utilisé pour les pansements des pieds diabétiques et autres lésions cutanées. En cas de prélèvement histologique, le formol était utilisé par les médecins pour la fixation de tissus. Chez les techniciens de maintenance, il s'agissait des diluants qui étaient également utilisés par les peintres et les menuisiers. L'exposition à ces produits chimiques était surtout cutanée chez tous les agents lors du lavage des mains, puis respiratoire et oculaire par évaporation ou projection. Il y avait aussi le permanganate de potassium utilisé par les infirmiers pour la momification et la détersion de lésions nécrotiques. Parmi le personnel de soutien, les jardiniers, les techniciens de maintenance, les techniciens de surface et le gardien de la morgue utilisaient couramment l'acide et ces produits dérivés, le bicarbonate de soude pour enlever la rouille sur les installations ou les taches sur les surfaces carrelées. Dans notre contexte d'étude, ces produits toxiques n'étaient utilisés que par les techniciens de surface, les jardiniers et l'archiviste pour éliminer les insectes, les cafards, les souris, les chats et les chiens errants. Les produits inflammables concernaient essentiellement les solutions hydro alcooliques chez tous les agents, des solvants chez les chauffeurs, jardiniers, peintres, de l'oxygène chez les médecins et 80 infirmiers, les antiseptiques et insecticides parmi les techniciens de surface.

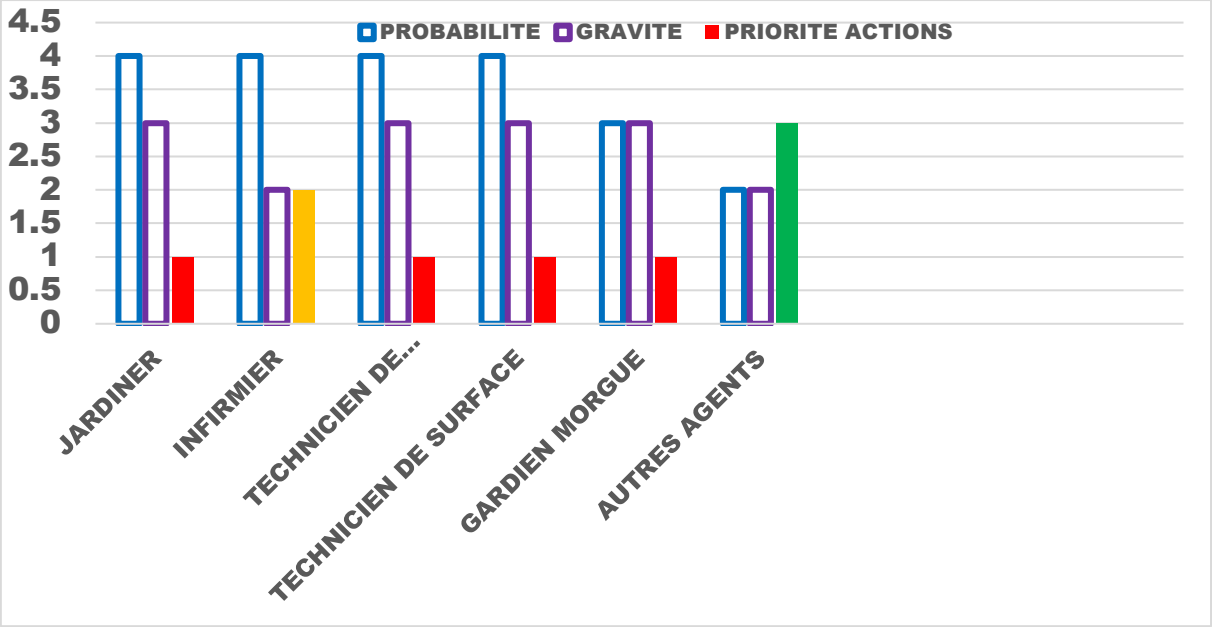


Fig. 3. Hiérarchisation des risques chimiques

4 DISCUSSION

Notre évaluation connait certaines limites liées à savoir: le manque d'instruments de mesurage, le bas niveau de scolarisation chez plus de 30% des agents limitant la compréhension des questions et la crainte quant à la finalité de l'enquête.

Comme dans la plupart des structures hospitalières du Sénégal, notre population était dominée par les femmes et l'âge moyen était égal à 36,49 ans dont plus de 65% avaient moins de 40 ans. Ailleurs, Diagne et coll. [5], dans le cadre d'une évaluation similaire, avaient rapporté une prédominance masculine dans 57% avec une proportion de plus de 70% de sujets de moins de 45 ans.

4.1 EVALUATION DU RISQUE BIOLOGIQUE

Les produits biologiques étaient régulièrement manipulés par 42 agents (35,6%). Il s'agissait particulièrement des médecins, des infirmiers et du gardien de la morgue. Ils déclaraient porter des gants et recapuchonnaient systématiquement les objets piquant après usage. Dans le travail de Chetoui [6], 88,23% (n=60) des membres du personnel manipulaient du matériel piquant ou coupant et 77,94% (n=53) recapuchonnaient les aiguilles usagées. Un accident du travail était déclaré dans 21 cas (17,8%) et représenté par 11 cas d'accidents d'exposition au sang (AES), 06 chutes par glissade, 01 électrocution, 01 contusion par un marteau et 01 traumatisme au pied, 02 accidents de trajet. Dans une étude réalisée à Conakry, Sako et coll. [7] rapportaient une notion d'accident d'exposition au sang dans 55,8%. Au Sénégal, Diédhiou et coll. [8] avaient montré que 49% du personnel ont été victimes au moins d'un accident d'exposition au sang. Les gestes en cause étaient la chirurgie, les injections et les poses de cathéters. Le taux moindre rapporté dans notre série serait le fait d'une sous information de nos agents. En effet, seuls 24

agents (20,3%) étaient informés des risques biologiques. Pour ce qui était des procédures en cas d'AES, toutes les séries ont rapporté un taux très faible de connaissance. Certes tous les agents déclaraient porter des gants en cas d'exposition biologique, mais la contrôle de la glycémie capillaire se faisait toujours à main nue (sans gant de protection) chez tout le personnel médical. Une étude réalisée au Mali avait rapporté que 78% du personnel portait régulièrement des gants et 36% procédaient à un recapuchonnage systématique des aiguilles [9].

Le statut vaccinal (anti tuberculeux, hépatite B, rougeole et fièvre jaune) était effectif chez seulement 50 agents (42,3%). Seuls 08 agents avaient déclaré n'avoir pris aucun vaccin. La vaccination anti covid-19 était initiée chez 105 agents (89%). Dans l'enquête de Diagne et coll. [5] dans un centre de santé de Dakar, seul 18,9% du personnel était à jour de leur vaccination. En l'absence de réfectoire au Centre Hospitalier Abass Ndao, tous les agents déclaraient prendre leur repas ou fumer de la cigarette dans leur lieu de travail. Seuls 06 agents étaient informés de l'interdiction de manger ou fumer sur les lieux de travail. Environ, 52% des agents de la série de Diagne et coll. [5] mangeaient sur leur lieu de travail. Au cours de l'enquête, 10 cas (8,4%) d'infection à la Covid-19 étaient signalés. Ces éléments expliquent encore la nécessité d'améliorer l'environnement de l'activité médicale, d'éduquer les agents et de doter le personnel d'équipements de protection individuelle.

4.2 Evaluation Du Risque Physique Et Ergonomique

Dans notre population, 103 agents (87,2%) adoptaient des postures contraignantes au cours de leur activité quotidienne. Une étude réalisée en 2016 par Bensekhria et coll. [10] rapportait que la position débout occupait 78% du temps de travail. Les autres postures difficiles étaient le dos penché en avant (29%), les déplacements fréquents (10%). Les agents avaient signalé des troubles musculosquelettiques chroniques dans 66,9% à type de lombosciatalgies dans 59,3%. Une étude au centre national d'oncologie de ??? a rapporté une prévalence de 75% de troubles musculosquelettiques [11]. A cela s'ajoute la manutention de charges lourdes retrouvée dans 77% et 89% respectivement dans notre série et celle de Diagne et coll. [5] à Dakar. A part les médecins et les chefs de division, tous les autres agents travaillaient dans un environnement précaire.

Le bruit ambiant était gênant dans 51,7% et il entraînait des perturbations de la communication interpersonnelle dans 44%. La température des postes de travail n'était favorable que dans 38% des cas et environ 90,7% des agents étaient exposés au risque électrique. Chetoui [6] a obtenu des résultats similaires avec une pollution auditive permanente mais une ambiance thermique adéquate hormis pour les agents de sécurité.

4.3 Evaluation Du Risque Chimique

Dans notre expérience, tous les agents manipulaient ou étaient exposés à au moins un produit irritant. Il s'agissait principalement de l'alcool et ses dérivés, de l'eau de javel ou du savon. Ces produits étaient habituellement utilisés pour le lavage des mains et du matériel de soins. D'autres produits irritants étaient signalés en fonction de l'activité. Dans l'étude de Kassbi [12] 64% des enquêtés attribuaient les atteintes respiratoires à l'usage abusif des produits de désinfection, de décontamination et d'hygiène hospitalière, 21% d'eux ont déclaré que les irritations dermatologiques étaient provoqués par le latex des gants et 15% ont exprimé la dangerosité du contact accidentel avec certains médicaments cytotoxiques. Ainsi, la protection devra être de mise par la sensibilisation du personnel, le port de gants, de masques et de lunettes lors de tous actes médicaux. Le contexte professionnel hospitalier expose tout le personnel aux produits inflammables. Il s'agissait des solutions hydro alcooliques chez tous les agents, des solvants chez les chauffeurs, jardiniers, peintres, menuisiers, de l'oxygène chez les médecins et infirmiers, les antiseptiques et insecticides parmi les techniciens de surface. Comme le confirme l'INRS, le peroxyde d'azote, disponible dans les bouteilles de gaz, est un puissant gaz à effet de serre [13]. C'est un oxydant puissant qui est à l'origine d'explosion violente au contact des matériaux combustibles. Selon Mérata et coll. [14], la pollution des blocs opératoires par les gaz anesthésiques expliquerait des avortements spontanés.

Au-delà des produits irritatifs et inflammables, l'entretien des outils et installations dans les structures sanitaires fait appel à des produits corrosifs. Parmi ces produits, le permanganate de potassium est parfois utilisé par les infirmiers pour la momification et détersion de lésions nécrotique. Le personnel de soutien (jardiniers, techniciens de maintenance et de surface et le gardien de la morgue utilisaient couramment l'acide et ces produits dérivés, le bicarbonate de soude pour enlever la rouille sur les installations ou les tâches sur les surfaces carrelées. Dans une étude djiboutienne, 41% du personnel était exposé à des produits irritants, corrosifs, nocifs ou toxiques [15].

4.4 Evaluation Du Risque Psycho-Social

Un tiers de notre échantillon (33,8%) ressentait du stress. Les principaux facteurs étaient la pression du supérieur hiérarchique (93,2%), le volume de travail (75,4%), la maladie au quotidien (35,6%). Au Maroc, Laraqui et coll. [16] avaient

rapporté une prévalence du stress de 21,7%. Par ailleurs, 67,8% déclaraient être victimes de violences surtout verbales. Une étude en milieu hospitalier djiboutien a révélé que 30% du personnel s'est déjà retrouvé en situation dangereuse ou senti en insécurité dans le cadre de leur travail [15]. Près de la moitié de notre cohorte (41,5%) estimaient que leur poste actuel ne répondait pas à leur attente et seulement 5% étaient satisfaits de leur rémunération. Dans son étude chez les internes des hôpitaux de Dakar, Diatta et al [17] ont rapporté trois sources d'insatisfaction: les conditions de travail, l'application des procédures et la rémunération. Ces chiffres montrent que les risques psychosociaux sont une réalité en milieu hospitalier subsaharien.

5 CONCLUSION

Notre étude a montré que les nuisances professionnelles sont une réalité en milieu hospitalier africain et ils entraînent une insécurité tant pour les travailleurs que les patients qui y sont pris en charge. Il est donc impérieux de mettre en œuvre des actions correctives et préventives à commencer par le respect des normes en matière de structure hospitalière, la mise en conformité technique notamment le matériel et les procédures et en dernier le suivi de ces mesures avec sanctions si besoin

REFERENCES

[1] Caubet A. Affections professionnelles rencontrées chez le personnel de santé. IUMT Rennes, 2002.

[2] Denis M-A., Chatain M-F. Risques infectieux pour les soignants, le cas des accidents exposants au sang, Soins n°642-janvier/février 2000.

[3] Zahraoui M et coll, Les risques infectieux chez le personnel soignant à la province de Fès. Mémoire IUMT, Rennes, 2000.

[4] Institut national de recherche et de sécurité. Démarche d'évaluation des risques professionnels. Disponible sur www.inrs.fr/demarche/evaluation-risques-professionnels.

[5] Diagne F B. Evaluation des risques professionnels au niveau du centre de santé Annette Mbaye D'Erneville. Mémoire de médecine du travail. Dakar 2020.

[6] Chetoui N, Habibi D E. Evaluation des risques professionnels à l'hôpital: cas du service des urgences de l'hôpital Mouhamed Boudiaf. Mémoire de fin d'études en licence professionnelle Hygiène et Sécurité industrielle 2018-2019: 68p.

[7] Sako FB, Tounkara TM, Traoré FA et coll. Connaissances et pratiques du personnel soignant sur les accidents d'exposition au sang à l'hôpital National de Donka. Guinée Médicale 2013; 79: 10-12.

[8] Koné MC, Malle KK. Les accidents d'exposition au sang: connaissances et pratiques des personnels de santé d'un hôpital du Mali. Bull Soc Pathol Exot 2015; 108: 369-372.

[9] Diédhiou BB, Ba EM, Seck MC. Caractéristiques des accidents d'exposition au sang et leurs déterminants psycho-environnementaux et professionnels au centre hospitalier régional de Kolda (Sud du Sénégal). International Journal of Innovation and Applied Studies 2019; 2: 586.

[10] Bensekhria N, Benhassine W. La contrainte posturale chez le personnel soignant. Arch des Maladies Prof et Env 2016; 77: 394-95.

[11] Robert E A C M. Evaluation des risques professionnels au centre national d'oncologie de Nouakchott, Mauritanie. Thèse de doctorat en médecine, Université Cheikh Anta Diop de Dakar 2015, 138p.

[12] Ayman Kassbi. L'identification des risques professionnels lies au processus de prise en charge du patient: cas des services de médecine et chirurgie de l'hôpital de proximité de ksar el Kébir. IJAFAME 2021; 2 (1): 121-134.

[13] Intitut National de Recherche et de Sécurité. Peroxyde d'azote: fiche toxicologique n°267. Ed 2018.

[14] Mérata F, Mérata S. Risques professionnels liés à la pratique de l'anesthésie. Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation 2008; 1: 63-73.

[15] Isman M O. Evaluation des risques professionnels à l'hôpital: cas de l'hôpital général Peltier de Djibouti. Thèse de doctorat en médecine, Université Cheikh Anta Diop de Dakar 2012, 142p.

[16] Laraqui O, Laraqui S, Tripodi D et coll. Evaluation du stress chez le personnel de santé au Maroc: à propos d'une étude multicentrique. Arch Mal Prof et Env 69 (5): 672-682.

[17] A E R Diatta, M C Gaye Fall, M M Soumah, M Ndiaye. Evaluation de la satisfaction au travail chez les internes des hôpitaux de Dakar. CAMIP 2019.; 3: 1

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 4 Jun. 2023, pp. 1527-1545
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Evaluation of The Bamboung Community Marine Protected Area (Senegal) as a geosite

Adama Gueye[1], Ibrahima Sory Sow[2], Cheikh Ibrahima Youm[1], El Hadji Sow[1], Mbemba Fabou Doumbouya[1], and Cheikh Abdoul Kader Fofana[1]

[1]Département de Géologie, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Dakar-Fann, Senegal

[2]Département d'Histoire, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Dakar-Fann, Senegal

Copyright © 2023 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 Bamboung Community Marine Protected Area is located in the Saloum Delta Biosphere Reserve located in the estuarian part of the Sine-Saloum watershed, administrative region of Fatick. It was set up in 2004 with the aim of preserving marine biodiversity, rebuilding habitats and improving the living conditions of local communities. It was followed by the creation of six other Marine Protected Areas, including 2 in the Saloum Delta Biosphere Reserve. Based on our observations and the results of previous work, we have carried out an evaluation of the criteria retained by the authors for the creation of a geosite in this Marine Protected Area of Bamboung. Thus, the scientific value (representativeness, integrity, rarity and degree of scientific knowledge), ecological, cultural, touristic, socio-economic, scientific and educational values evaluated seem relevant to us. It benefits from a national and regional policy supported by international conventions. However, we recommend to modernize and improve tourist infrastructure, promote effective resource management mechanisms in the polarized area, prohibit or regulate the exploitation of shell middens and further explore the educational side by setting up a secure educational circuit.

KEYWORDS: Geodiversity, biodiversity, cultural, touristic, socio-economics, scientific, educational.

1 INTRODUCTION

Between 2004 and 2014, Senegal set up seven Marine Protected Area (MPAs) covering a total of 206.162 ha, with the aim of preserving marine biodiversity, rebuilding habitats and improving the living conditions of local communities. These MPAs are placed under the supervision of the Ministry of the Environment and the DAMPC (Directorate of Community Marine Protected Areas), although they are managed at the community level [1].

The notion of Marine Protected Area is more noticeable with the definition of the Convention on Biological Diversity (CBD) held in Kuala Lumpur (Malaysia) in 2004. According to this Convention, a marine protected area refers to "any area within or near the marine environment, with its overlying waters, the associated fauna and flora and the historical and cultural elements found therein, which has been set aside by law or other useful provisions, including custom, for the purpose of granting biological, marine or coastal diversity, a higher degree of protection than that enjoyed by the surrounding environment" [2], [3]. Over the years, this definition has undergone several changes. The IUCN recently proposed the following definition: "an MPA is a clearly defined geographical area, recognized, dedicated and administered, legally or by other effective means, which aims to conserve in the long term nature, ecosystem services and the cultural values associated with it" [4].

The establishment of an MPA "limits, prohibits or otherwise controls human use patterns and activity through a structured set of rights and rules" [5].

As part of the Narou Heuleuk (tomorrow's share) project, the Océanium, a Senegalese association for the protection of marine resources, financed by the FFEM (Fond Français pour l'Environnement Mondial), has proposed the establishment MPAs in Senegal. It was only in 2002 that the first MPA in Senegal was created in the region of Fatick, department of Foundiougne,

Corresponding Author: El Hadji Sow

sub-prefecture of Toubacouta) (figure 1), commune of Toubacouta at the level of the "bolon" (term used by [6] to designate tidal channels inside the mangrove) of Bamboung (Bamboung Community MPA with 6,800 ha [7] (figure 2). It was endorsed by presidential decree n°. 2004-1408 signed on November 4, 2004 [8]. MPAs aim to sensitize artisanal fishermen to sustainable management of the environment.

An integral part of the RBDS ("Réserve de Biosphère du Delta du Saloum" = Saloum Delta Biosphere Reserve), the Bamboung Community MPA (BCMPA) is surrounded by 14 villages [3]. Its limits were fixed by the populations with the Oceanium who made it a zone completely prohibited to fishing after a negotiation which lasted nearly two years [8]. It is bordered to the north by the Diomboss inlet, to the south by the village of Sipo and the forest of Kolé, to the east by the bolon of Bandiala and to the west by the forests of Diogaye and Kabaye [3] with about twenty shell middens including Diorom Boumack. The BCMPA is the first of a series of three Community MPAs located in the Saloum estuary, within the RBDS. The other two are that of Gandoul (GCMPA) in the North and that of Sangomar (SCMPA) in the North-West. Each of the three has geosite value. Thus, the evaluation of the BCMPA as a geosite will be the first step towards the establishment of a geopark called the RBDS Geopark.

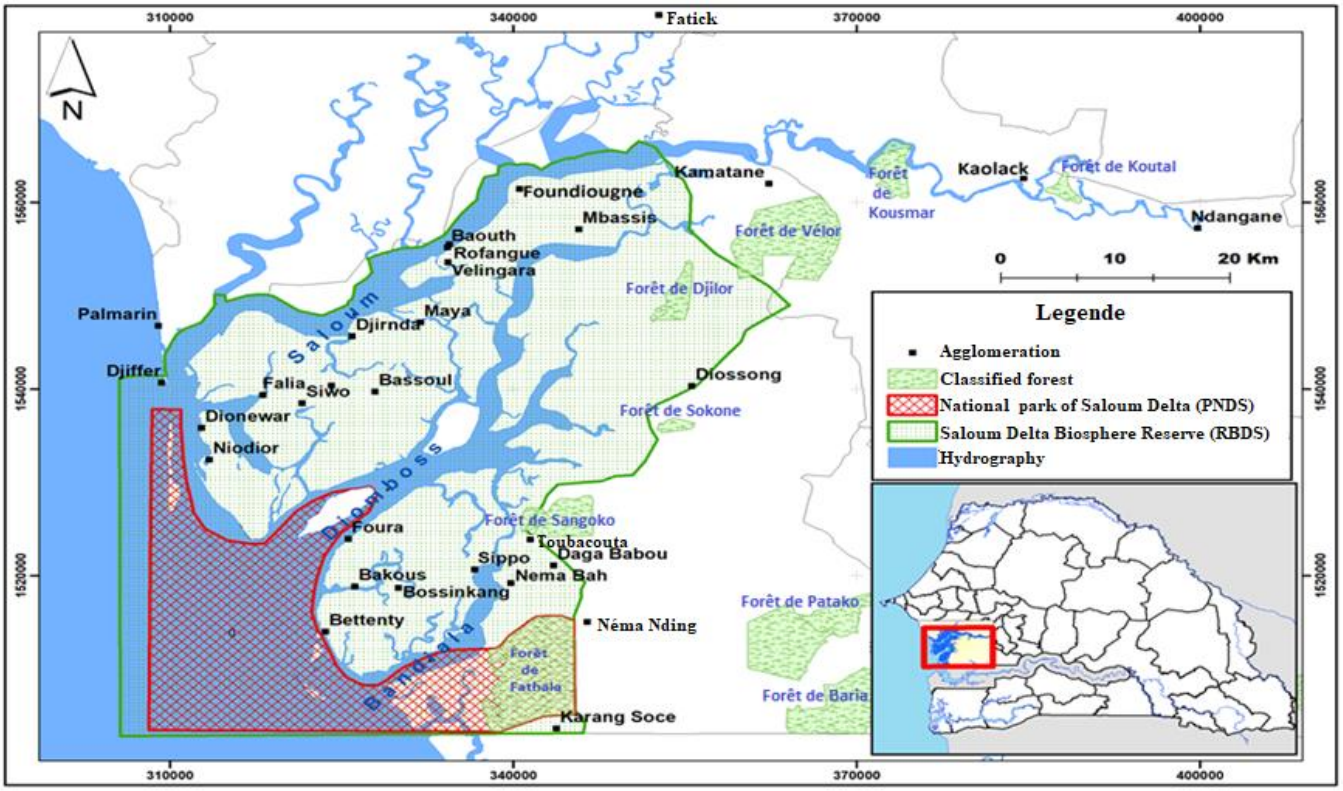


Fig. 1. Location map of the RBDS and the entities that accompany it (PNDS and classified forests)

According to [9] and [10], "*geosites are defined as portions of the geosphere that present a particular importance for the comprehension of Earth history, geological or geomorphological objects that have acquired a scientific, cultural/historical, aesthetic and/or social/economic value due to human perception or exploitation*". Geosites are then key elements from the perspective of the development of geotourism and education, while inventorying and evaluating them is the first step towards establishing a geopark [10]. Another key concept is geoheritage (geosites and geomorphosites), which needs to be evaluated [11], managed [12], subject to conservation [13], valorized through geoparks [14] and [15], and be the focus of geotourism [16], [17], geoscience museums [18]. Preserving geoheritage means safeguarding the natural diversity of the major geomorphological and geological elements, i.e. geoheritage sites, also known as geosites [19].

According to Lima et al. [20], most geosite evaluation methods use scientific value, which may be subdivided into four sub-criteria: representativeness, integrity, rarity, and also the degree of scientific knowledge about the geosite, attested by the number and quality of scientific publications focused on the geosite [21]. Representativeness concerns how exemplary a geosite is in terms of the geological processes that can be seen there. Rarity corresponds to the uncommonness of the geosite compared to geosites of the same typology at the global level, while integrity represents the degree of preservation of the

geosite [22]. In addition to the scientific one, other values, called "additional" values [23], can be identified and assessed: cultural, ecologic, economic, aesthetic and educational [24].

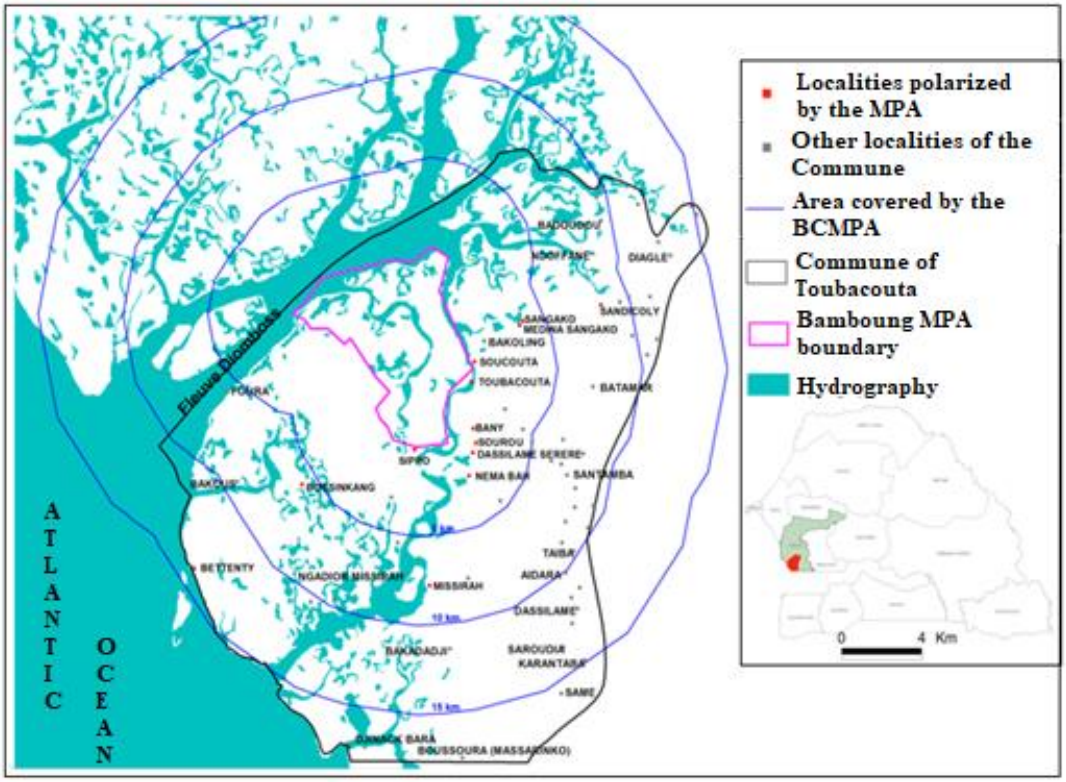


Fig. 2. Location map of the BCMPA and its area of influence (modified after [7])

This study is part of a wide multidisciplinary research program initiated in Senegal for the promotion of geodiversity. It follows the work carried out by [25] in the Dindéfélo Community Nature Reserve (DCNR) and that of [26] at Lac Rose located respectively 700 km and 30 km from Dakar. It aims to show the relevance of the BCPMA for the popularization and promotion of geosites. To be done, we conducted a qualitative assessment using the criteria proposed by [20] and [19]: scientific then ecologic, cultural, touristic, economic, and pedagogical, considered to be the most suitable for carrying out a preliminary examination, and by no means exhaustive [24]. Data come from our observations supplemented by the many works carried out in previous programs based mainly on biodiversity, archeology and tourism.

2 THE GEOGRAPHICAL, GEOMORPHOLOGICAL AND GEOLOGICAL FRAMEWORK OF THE RBDS

The RBDS is located on the coasts of West Africa, in the center west of Senegal, in the estuarine part of the Sine-Saloum watershed, on the Gambian border. Located between 13°35 and 14°15 North Latitude and 16°03 and 16°50 West Longitude [35], it is about 150 km south of Dakar, 50 km south-west of Kaolack and 20 km from Banjul, in The Gambia Republic (figure 1). It is located in the administrative region of Fatick and includes the districts of Djilor Diognick, Toubacouta, Fimela and Niodior; it occupies 340.000 ha there, which constitutes almost the entire estuary zone, i.e. more than 25% of its extent.

The RBDS is home of more than 200 islands and islets separated by narrow channels where the water is mainly saline to slightly brackish and 218 shell middens. The RBDS is made up of three main ecological domains [42], [51], [52]: (i) a continental domain limited in its lower part by the mangrove and the tannes (halomorph soils); (ii) an island domain made up of three sets of islands separated from each other by inlets surrounded by mangroves. The Diomboss separates the Gandoul islands to the north from Bétenty island, a large ovoid-shaped island 25 km long and 12 km wide, itself separated from the Fathala islands to the south by the Bandiala inlet (figure 1). Many channels called bolons separate the islands from each other. Among the most important, we will mention, for the islands of Gandoul: the Bolon Gokehor, the bolon Diogane, the bolon Sangako, the bolon Guilor... For the islands of Fathala; the bolon Ba, the bolon Missirah... The complex covers an area of 90.000 hectares; (iii) a maritime domain that opens onto the Atlantic Ocean.

The RBDS offers great geological diversity. The marine transgression of Nouakchottian (5500 years BP) caused sandy deposits which formed terraces on the edge of the continental shelf sometimes high enough to form islands, mudflats with mangroves which are more or less sandy deposits and tidal channels. During this period, the sedimentary series presents the same characteristics throughout the estuary: abundance of sand, poverty or absence of diatoms [27], [28], [29], [30]. The inlets of the Saloum (very winding and ramified) are occupied by the sea to the upstream of Kaolack (more than 110 km from the mouth). Due to a rainfall deficit, former exposed mudflats have turned into tannes devoid of vegetation. This development has continued until the present day. There is a greater extension of the tannes in the islands of Gandoul in the north than in the Bétenty islands in the south [31]. In addition, the entire right bank of the Saloum River is made up of tannes, the mangroves constituting only a thin curtain along the tributaries of this bank. The tide, essentially semi-diurnal, is the main factor in estuarine hydrodynamics [32]. The drop in rainfall has increased the salt concentration of the Saloum estuarine waters, which contributes to the degradation of the mangroves. This degradation is explained, among others, by the excessive salinity of the waters, their high pH almost always between 7 and 8, the presence of acid sulphate soils, sunshine, etc... [31], [33], [34], [35], [36]. The whole is bordered by intertidal mudflats which constitute the most important geomorphological and sedimentological unit because of their role in the ecosystem. The relief of the area is practically flat, with altitudes ranging from 0 to 5 m. On the other hand, shell middens can exceed sea level by more than 10 m. Because of this weakness of its relief, the important hydrographic network, the islands and its vegetation, the Saloum shelters a very rich biodiversity which makes it an important natural heritage.

3 GEOSITE OF THE BAMBOUNG COMMUNITY MARINE PROTECTED AREA (BCMPA)

3.1 GEODIVERSITY VALUES

In the BCMPA, five geological and geomorphological units can be distinguished [37], [38], [39], [40]: (i) the hydrographic space is essentially made up of the Bolon of Bamboung and its very dense ramifications, with an area of about 850 ha and 15 kilometers long from the confluence with the Diomboss to the mudflats of the Kolé forest. Its width varies from 50 to 500 meters and its depth fluctuates between 0 and 15 meters. The salinity of the bolon is reduced thanks to the resurgence of fresh water from underground sources. Compared to other bolons in the Saloum Delta, the water visibility of the Bamboung bolon is estimated at 3.7 meters against 1.8 meters in the rest of the estuary [41]. In addition to the Bamboung bolon, the BCMPA includes around twenty small and medium-sized bolons (Bolon with crocodiles, with manatees, Bandialé, Balando, Niokolong, Diogane, Kabaye, etc.) and ponds. The Bamboung bolon longitudinally divides the BCMPA into two nearly equal parts. The diversity of tributaries and the quality of the water make the BCMPA a site of tranquility, calm and rest for the fish; (ii) the insular domain made up of islands separated from each other by bolons surrounded by mangroves. It occupies 15 to 20% of the BCMPA surface and is mainly represented by Coco Island [42]; (iii) the mudflats which are located on the immediate border of the bolons and the main inlets, their sandy fraction, generally higher at the base of the sedimentary series, would have a marine origin [35], their clay fraction dominated by kaolinite and their carbonated fraction is generally scarce.; (iv) tannes subdivided into bare tannes with saline efflorescence, grassy tannes and floodable tannes separating the mangrove mudflat from the bare tannes. The set formed by the mudflat and tanne areas covers an area estimated at 1.238 ha. They result from the degradation of mangrove ecosystems caused by the invasion of salt water from the ocean; (v) sand bars, sediments of the bottom of the channels essentially sandy and the shell mounds.

These units began to set up in Chadian (13,000 to 8,000 B.P.); however, the most important phase of their formation is located in the Nouakchottian (6800 to 4200 B.P.) [35], [43], [44], [45]. The oldest ages on the sedimentary bedrock are around 6130 and 6070 obtained at Bandiala by [46]. During this period, the Nouakchottian marine transgression caused sand deposits which formed terraces on the edge of the continental shelf, sometimes high enough to form islands, mangrove mudflats and bolons. In the Tafolian, the formation of islands, initiated in the Nouakchottian, is accentuated by the addition of successive coastal bars and the formation of lagoons between them. The lagoons thus formed are filled with clay mud under the control of the flow of the Gambia River and allow the development of diatoms [30]. Between 460 B.P. and 1090 A.D., [47] showed, by studying the oxygen isotopes of molluscs, that the precipitation-evaporation budget was positive in the Saloum delta whose waters were brackish; causing a proliferation of euryhaline diatoms [30]. To this general context of humidity, we must add the Bandiala's supply of fresh water from the Néma River [48] and the water table of Coco Island. Around ca. AD 1800, a period of rapid aridification sets in and the recent emergence of Sahel drought [49].

3.2 BIODIVERSITY POTENTIAL

Fresh water from a large groundwater table on Coco Island (east shore) and underground springs flow into the bolons of the BCMPA, thus locally reducing salinity and creating a favorable climate for the development of marine flora and fauna. This makes BCMPA one of the richest bolons in the RBDS.

It has an important mangrove ecosystem covering a total area of 3,506 ha (nearly half of its area) (Figure 3) and the wooded savannahs, most of which are surrounded by mudflats [7]. The mangrove vegetation, developed all along the bolon and its channels, is made up of different species of mangrove trees: *Rhyzophora racemosa* and *Rhyzophora harrisonii* are found along the edges of channels; to the rear, *Rhizophora mangle* is much more abundant and occupies high ground likely to be submerged during high tides. This species forms the most important population of the bolon, while *Avicennia africana* develops in the upper part of the mudflats [51]. Mangroves, being both a source of organic matter and a support for a high production of periphyton, constitute a breeding ground for estuarine fauna, mainly juveniles. They constitute the habitat of halieutic resources (fish, molluscs, crustaceans, sea turtles, dolphins, manatees, Nile crocodiles, etc.) (figure 4a) [7], [51]. The manatee, a marine mammal threatened with extinction, comes to drink from the freshwater resurgences on the shores of Coco Island.

Fig. 3. Mangrove vegetation in submersible areas of BCMPA. a: Soucouta; b: Missirah; c: Toubacouta; d: Sipo

The areas of terrestrial savannas (433 ha), gallery forests (38 ha), mudflats and tannes are favorite places for many bird species (Goliath heron, gray pelicans, flamingos, kingfishers, etc.) [53] (Figure 5). Many species of land mammals such as bushbuck, spotted hyena, monkeys, baboon, jackal, warthog, monitor lizard, snakes, etc., frequent the wooded savannah areas. The regeneration of these forests and savannahs results from the absence of bush fires and the reforestation of the

forest. These terrestrial habitats are also home to significant forest resources composed of *Proposis africana, Eleais guineensis, Detarium senegalense, Dialium guinensis, Tamarindus indica, Adansonia digitata, Anacardium occidentale, Eucalyptus globulus,...*) (figure 4b).

Fig. 4. Mangrove oyster in Bétenty (a) and vegetation of the non-submersible zone in the BCMPA (b)

Since the establishment of this CMPA and the measures that have been taken for its protection, it would seem that the species encountered are more and more numerous and that the average size of individuals is increasing [50]. A biological recovery (51 species of fish in 2003, 74 in 2006, 85 in 2012 and 130 in 2018) has been noted, linked to experimentation with tools and sustainable financing mechanisms. It should also be noted that this CMPA is a place where many fish come to breed and grow up in the tangle of mangroves bordering the bolons, for example the "THIOF" (*Epinephelus aeneus*) and the manatee [54]. Special monitoring and ecological monitoring of molluscs and birds are also developed.

Fig. 5. Some images of Bird Island

3.3 CULTURAL POTENTIALS

The BCMPA has a rich cultural heritage based on archaeological potential, the existence of places of worship and traditional ceremonies.

The BCMPA is home to about twenty shell middens accumulated mainly on former sandbanks, including Diorom Boumack [52], one of the largest shell middens which contains 125 tumulus (Figure 6). These accumulations consist essentially of shells of *Senilia senilis* (arches) and rarely of shells of *Crassostrea gasar* (mangrove oysters) or a succession of strata of these species [55]. These shells are mixed with pottery debris (figure 7a), kitchen remains, plants, hearths, ceramics, stone and metals. The deads were buried under these shell heaps arranged in layers on top of each other; thus over the millennia, large mounds of shell deposits have formed in the old cemeteries.

Fig. 6. Shell middens of Dioron Boumak surmounted by a baobab forest (modified after [49])

The age of the shell middens is still the subject of discussion. According to [55], the oldest dates in the RBDS are 5800 years BP obtained at the Sipo site. According to these authors, these traces, rare between 6000 and 2000 years BP, reached their maximum around 1700 years BP before experiencing a decline from the beginning of the 15th century. However, [56], from ongoing work on the shell middens of Oudierin-Boumak, announce that the exploitation of shells began at the beginning of the Holocene, some 10.000 years ago. The author adds that the long-term models of their exploitation reveal a punctuated use with short periods of relatively intensive collection/processing followed by long periods of abandonment and distinguishes four periods of different durations: early Holocene, middle l 'Holocene, end of the Holocene and beginning of the second millennium AD. Throughout the Saloum delta, 17 shell middens surmounted by tumulus have been registered on the list of historical monuments of Senegal (decree n°10787 of December 11, 2000) including Diorom Boumack and Diorom Boundaw. Moreover, these sites constitute a natural heritage with shell middens that have become niches, refuges for fauna, in particular birds and flora; a cultural landscape with a thousand-year-old tradition that is still alive, favoring a way of life based on shellfish gathering and fishing, in a fragile natural environment of great biodiversity and one of the few places in the world where shell collecting practices survive [57]. Since 2013, the monitoring of molluscs has started at the level of the BCMPA and its periphery and has focused on 6 species: *Senilia senilis, Crassostrea gasar, Pugilina morio, Murex duplex, Cymbium glans* and *Cymbium pepo* [7]. Concerning shell middens, it is advisable to regulate their exploitation to prevent their depletion, as happened on the sites of Faboura [58], and Bangaler [59].

Fig. 7. Dioron Boumak shell midden: pottery extracted from archaeological excavations (a) and path running through the midden (b) (modified from [53])

There are places of worship and sacred “trees” in almost every village [7] which encompasses the BCMPA where people usually come to pray during circumcision, approaching wintering, wrestling galas... These are: the giant cheese maker of Missirah (figure 8a), the Baobab of the griots (figure 8b), the sacred "taba" of Sourou, the Batakoung or large rice field which is a place full of mysteries and important for the inhabitants of Bossinkang, of the Wouliniama of Bétenty symbolized by a baobab whose fruits are eaten on the spot, of the Ngoumbo Taba of Missirah (blinding tree which stunned those who wanted to attack the village), of the sacred wood of the places of circumcision, the forest of Diouanwoula whose access is regulated or even forbidden, a place of prayer in Missirah represented by a plot of land with a tree incursion inside the arm of the sea, a socio-religious meeting place (Keur mouride) in Nema Ba.

Fig. 8. “Millennial” cheese maker from Missirah (a) and Baobab des griots (b) at the BCMPA level [7]

Traditional wrestling is also a cultural heritage in the area in accordance with the departmental calendar and the sessions are organized in each village with various activities including dancing and singing. It is a safe bet that supports the cultural heritage of the BCMPA so far.

Nowadays with the Islamization of its villages, some of these beliefs are increasingly losing their value because the majority of the population does not even mention them, although certain rituals continue to be practiced in the confidentiality of the guardian families of the cults and exceptionally during events affecting the whole community (drought, epidemic, etc.).

3.4 TOURISM POTENTIAL

Long before the creation of the BCMPA, tourism and ecotourism were already featured in local development strategies [60]. Ecotourism is a form focused on environmental education, awareness, protection and conservation of nature [61]. It is a tourist activity promoting the natural, historical and cultural heritage that is carried out in all the villages of the area. On the other hand, the camp project is one of the by-products of the CMPA intended to offset the loss of income from the absence of fishing and to offer a new economic opportunity.

In Bamboung, community ecotourism is the only alternative activity created as part of the sustainability of the CMPA [3]. The main receptives are hotels, hostels and camps. The spatial distribution of tourist accommodation is uneven. In the Municipality of Toubacouta, area where the BCMPA is located, there are two hotels (Palétuviers and Keur-Saloum) and several camps. Currently almost all the villages in the area have tourist camps. Thus, each village has an ecotourism circuit (figure 7b). Due to their proximity to the BCMPA, the activities of these establishments and tourist sites depend more or less on this MPA. The Keur Bamboung camp is the most visible achievement of the MPA; it is more than a camp, it is a management and local development tool for this site with exceptional ecosystems. It was built inside the MPA in 2004, with funding from the French Global Environment Facility (FFEM). Thus, by paying for their stays, tourists contribute to the development of the BCMPA and the municipality, which receives a share of the revenue, the other going to the management committee. Seven huts have been built in the cottage and can accommodate 26 visitors (2 double huts with a capacity of 6 beds, 4 single huts with a capacity of 3 beds and 1 single hut with a capacity of 2 beds) [3]. They are built with terracotta and straw, lit by the use of renewable energy which also ensures the delivery of water from the borehole to these huts. At the foot of the huts, boarding by canoe kayak is offered for visits to the environment. The vocation of limiting the number of visitors in the lodging reflects the fact that the camp does not intend to increase its reception capacity in order to preserve the comfort of visitors and not to increase the pressure of visits on the preserved environment of the CMPA. Tourist attendance is annual. It is more intense from October to April and relatively weak from May to September.

The activities offered to visitors to the ecotourism camp of Keur Bamboung range from sea kayaking trips to discover the bolons and the mangrove, walking trails to discover the mangrove, the gallery forest and the wooded savannah or ecological heart of the mangrove, then in the bolons and on the lively and grassy tannes of the MPA. Canoe trips, an introduction to ornithology or even a visit to the village of Sipo to discover the craft market are also offered [3].

The Dioron Boumack ecomuseum is currently in a poor state of conservation; however, it allows the discovery of the most impressive shell midden in the Bamboung MPA. A circular path running through the various shell mounds allows you to discover the extent of the site punctuated by impressive baobabs (figure 7b). A rehabilitation project is planned for this large shell pile. This eco-museum should become a place for displaying old cooking methods, used agricultural equipment, fishing equipment and a wrestling arena [3].

The management of the camp as well as the receipts fall under the prerogatives of the management committee, which is responsible for setting the principles of management and redistribution (figure 9). The distribution key put in place provides for (i) a third of the revenue for the operation of Keur Bamboung, (ii) another intended for the financing of surveillance and the development of the BCMPA, which makes it possible to finance surveillance and to remunerate the eco-guards up to 2000 FCFA/day in addition to the purchase of gasoline and (iii) finally, the third part is intended for the municipality. For the town hall, these financial resources are used to develop socio-economic projects in the villages bordering the BCMPA. It has thus promoted the creation of direct jobs (15) and indirect jobs that could benefit nearly 10.000 inhabitants [3] and [62].

Fig. 9. Restitution workshop - validation of the BCMPA Development and Management Plan (modified from [53])

3.5 SOCIO-ECONOMIC POTENTIAL

The population living in the localities polarized by the BCMPA is mainly composed of Mandingos and Serers. It is marked by its youth with 44% who are under 17, including 18% girls and 26% boys [52] (Table 1). On the BCMPA site, the exploitation of fishery resources is totally prohibited, but remains open in the Bolon of Sangako and in the Diomboss [63]. Thus activities such as fishing and shellfish harvesting are practiced there regularly. The women of the area are involved in the processing of fishery products and the collection of molluscs (figure 10). The latter is an activity of great importance that is carried out in very difficult conditions with little security. They put in place a certain number of informal rules that make it possible to regulate the use of spaces, in particular the outskirts of the area during the collection of shellfish. These rules allow each village to use the spaces in turn according to a flexible and mutually accepted "rotation" [3].

Table 1. Distribution of households according to age groups and gender in Toubacouta according to [52]

0 to 5 years (%)		6 to 16 years (%)		17 to 59 years (%)		60 years and over (%)	
Boys	**Girls**	**Boys**	**Girls**	**Men**	**Women**	**Men**	**Women**
14	6	12	12	23	25	3	4

In terrestrial savannah areas, gallery forests and areas polarized by BCMPA, people practice other activities. Agriculture is practiced by most of the population. Arboriculture is well developed and quite diversified in the area; cashew trees, coconut trees, oil palms, etc... can be listed. Added to this is livestock (poultry, sheep, goats, etc.); craftsmanship, which is essentially limited to the sculpture of works of art and Djembe because of the availability of illegally exploited wood and the development of tourism in the area; trade which is very developed in Toubacouta even if there is only one weekly market based in Némanding; the exploitation of salt which is more developed in Sangako than in the other villages because it has adequate equipment and infrastructure; money transfers from migrants [52] and [63].

Fig. 10. Women preparing shellfish meat for sale (modified from [53])

Fig. 11. Views of the BCMPA Environmental Education Center (modified from [7])

3.6 Scientific And Educational Potential

The Saloum estuary has been the subject of several studies. They are based on the mangrove, its evolution and its deterioration [34], [64]; sedimentology [43], [44], [65], [66]; geomorphology, grain size, exoscopy and mineralogy [67], [68]; microfauna and macrofauna [69]; salinity, rainfall and precipitation-evaporation [48], [70], [71], [72],; the biology of fish community [73] and archeology [45], [56]. However, nowadays, the attention of the international community is mainly focused on biology (fisheries and mangrove resources) and tourism. Historical and cultural sites receive little attention.

The BCMPA is also committed to promoting the ecological, cultural and marine heritage of this site and its surroundings through its Environmental Education Center (CEE) built in 2008 under the dome of the OCEANIUM (figure 11). In fact, because of its ecological richness, this MPA lends itself to educational visits and practical work, particularly on themes such as ornithology, botany, ichthyology, the discovery of historical heritage and cultural and even the organization of seminars and workshops related to these themes. Through this center, exhibitions, conferences, awareness-raising and education actions on the marine environment for the general public but also for schoolchildren (educational workshops) could be envisaged [7] (figure 9 and 11).

3.7 Development Potential

This CMPA offers significant development opportunities. The natural richness of the site is not only explained by the importance of the diversity of its ecosystems and its landscapes (mangrove, banks of the bolons, forests, pedestrian and ecological paths) but also by a rich cultural heritage.

The Saloum Delta region offers favorable coastal climatic conditions, with the presence of many waterways bordered by mangroves, beaches with fine, clear sand, a string of islands and islets sheltering forests dotted with baobab and meandering, making it an attractive tourist destination. From a cultural point of view, the shell middens and the remains they contain constitute a specific resource for the BCMPA. In addition, there are places of worship and traditional ceremonies.

The richness of the site is accompanied by a national and regional policy supported by international conventions that have enabled the acquisition of a certain number of collective infrastructures: health posts, educational establishments, equipment for supplying water, etc., which constitute levers for the sustainable development of the BCMPA [52] (table 2).

Communication infrastructures (roads, internet, etc.), although insufficient, exist. In order to support people's means of subsistence, microfinance institutions offer several financial services, including: "campaign credits" intended for seasonal agricultural activities (winter farming, fattening, fishing, etc.); "trade credits" intended for individuals and groups as a goodwill; "investment credits" for agricultural activities and handicrafts [52]. However, the funds that are granted relate to short periods (one production cycle or two years maximum) and many households have never used these loans. For example in Toubacouta, 90% of households have no access to credit at all and only 39.66% are members of local credit associations [52].

Table 2. Some indicators describing the facilities in the localities polarized by the BCMPA according to [52]

Localities	Indicators						
	Number of health posts	Number of colleges	Number of fuel sales stations for speedboats	Number of ice factories	Number of drilling	Number of fishery product processing units	Number of honey houses
Bétenty	1	2			1	1	
Bossinkang						1	
Dassilamé	1	1			1		1
Missirah			2	1		1	
Sandicoly						1	
Sangako						1	
Sokone (Mboul Diamé)	1	1	1		Connected to Sokone drilling		
Soukouta	1	2			1	1	
Total	4	6	3	1	3	6	1

4 DISCUSSION

The Bamboung Community Marine Protected Area is the first of a series of three MPAs created in the Saloum Delta. The other two are the Gandoul (March 31, 2014) and Sangomar (March 25, 2014) CMPAs. Sangomar has the largest area (87,437 ha) with a maritime part and Bamboung the smallest (6,800 ha). In the Sangomar CMPA, the zones of mudflats and tannes, gallery forests and terrestrial savannah are less extensive, as is the number of islands (Table 3). The BCMPA has the least salty and clearest waters (3.7 m against 1.8 m for the other two). The mangrove ecosystem widespread on the shores of the bolons is well developed in the three CMPAs, as is the estuarine fauna (fish, molluscs and crustaceans), marine mammals (manatee, dolphin) and reptiles (turtles, crocodiles, etc.). As for terrestrial mammals and forest resources, they are more abundant in the BCMPA. The avifauna is more diversified in the GCMPA which shelters the bird island with both sedentary and migratory species [74]. Cultural heritage is rich in all CMPAs although the archaeological sites of Bamboung are better known. Tourism is less developed in the GCMPA which does not have tourist receptives. On the socio-economic level, the exploitation of fishery resources (fish, molluscs and crustaceans) remains the main activity in all the MPAs, even if fishing is totally prohibited on the BCMPA site and their transformation is ensured everywhere by the women. Agriculture, arboriculture, market gardening, animal husbandry, crafts and trade are more developed in the area polarized by the BCMPA than in the other MPAs.

Table 3. Potential of the three Marine Protected Areas of the Saloum Delta

Potentialities		CMPA		
		Bamboung	Gandoul	Sangomar
	Total area	6 800 ha	15 732 ha	87 437 ha
Geodiversity Potential	Area of bolons and inlets.	3 506 ha	The 4 main pits exceed 5 ha	8 bolons + 4 fish breeding area
	Water salinity	Reduced	Variable	Saline to supersaline
	Water visibility	≈3,7 meters	≈1,8 meter	≈1,8 meter
	Areas of mudflats abd tannes.	1 238 ha	Few	Very few
	Number of islands	The largest is Coco Island	14 of which 10 are inhabited	8 villages
	Terrestrial savannah zones	433 ha	35 %	Very few in polarized areas
	Gallery forest areas	38 ha		
Biodiversity Potential	Mangrove ecosystem	Nearly 50% of the area	Fairly widespread on the banks of the bolons	Well developed in the estuary part
	Estuarine fauna	Abundant and diverse	Abundant and diverse with pools (fish nursery)	Very diverse
	Seafood	Molluscs and crustaceans		

	Marine mammals and reptiles	Manatee, dolphin, turtles, crocodiles, etc		
	Terrestrial mammals	Numerous and diversified	Little diversified	Very little diversified
	Avifauna	Abundant and diversified	Sedentary and migratory with Bird Island	Migratory birds
	Forest resources	Substantial	Undiversified in the process of regression	Undiversified
Cultural Potential	Archaeological sites (Shell middens)	Abundant (20)	Fairly abundant	Fairly abundant
	Places of worship	In almost all villages	Well supplied	Numerous and diversified
	Myths	Developed	Highly developed	Developed
	Traditional ceremonies	In each village		
	Islamization	Galloping	Strong establishment	Some localities
Touristic Potential	Hotels	02	Not in the area	03
	Hostels	Several	Not in the area	Small receptives in Palmarin
	Tourist camps	In each village	Not in the area	14 + 22 residences
	Ecotourism circuit	Each village	2 in Fambine	Mainly at sea
	Existence of management committees	Yes	Not well structured	Good organization
Socio-economic Potential	Young population (under 17)	44% including 18% girls in Toubacouta	44% including 21% girls in Gandoul	44% including 21% girls in Dionewar
	Exploitation of fishery resources in the MPA	Totally prohibited	Authorized with nets and lines	Fishing practiced all year round
	Shellfish harvesting	By women in nearby areas	Authorized	Practiced all year round
	Processing of fish products	By women		
	Exploitation regulations	Yes	Access to bolons	Seafood
	Agriculture, arboriculture, market gardening	Yes	Moderate	Poorly developed
	Breeding	Poultry, sheep, goats, etc.	Moderate	Poorly developed
	Arts and crafts	Artwork and Djembé	Very poorly developed	Poorly developed
	Trade	Developed in Toubacouta	Poorly developed	Local products
	Weekly market	Only one in Némanding	Poorly developed	None
	Salt exploitation	Developed in Sangako	Poorly developed	Highly developed
	Transferts d'argent	Provenant des migrants		
Development potentials	Climatic conditions	Favorables		
	National and regional policy	Stimulator		
	International conventions	Stimulator		
	Basic collective infrastructures	Existing	Very poorly developed	
	Microfinance institutions	Existing	Few	

In 2004, Senegal set up four other MPAs: Abéné MPA in Casamance (900 ha), Joal-Fadiouth MPA (17,400 ha), Saint-Louis MPA (49,600 ha), Kayar MPA (100 ha) [75] (figure 12) all intended for the restoration and conservation of biodiversity. In the West African sub-region there is a network of MPAs (Regional Network of Marine Protected Areas in West Africa: RAMPAO). The ranking of these countries in terms of protected area is as follows in descending order: Mauritania (1,317,780 ha), Guinea Bissau (495,601 ha), Senegal (171,075 ha), Guinea Bissau (111,556 ha), Cape Verde (59,335 ha) and Gambia (41,800 ha) [63].

As a geosite, the BCMPA has different potentialities from other sites described as potential geosites in Senegal. In relation to geodiversity, the ecosystems are almost all continental in Dindéfélo [25] while in Lac Rose [26] they are partly aquatic but less diversified than in Bamboung. This difference conditions all the other potentialities (Table 4).

Fig. 12. Location and contours of the seven MPAs in Senegal (modified from [75])

Table 4. Comparison of the BCMPA geosite to those previously described in Senegal

POTENTIALITIES	GEOSITES		
	AMPCB	**Lac Rose (Youm et al., 2022)**	**Dindéfelo (Youm et al., 2018)**
Geodiversity potential	Presence of channels, mudflats, tannes and islands	Low salt ponds, resurgences of fresh water	Sandstone/lutite hills and alluvial deposits
	Clear and slightly salty water	High concentration of salt	Fresh water
	Gallery forests and terrestrial savannas	Dunes	gallery forests and open forests
Biodiversity potential	Mangrove* and forest ecosystems	Azoic except for some halophilic green algae; herbaceous and casuarina trees around	Woody and herbaceous vegetation + diatoms
	Estuarine, marine and seafood fauna	Fish, foraminifera, ostracods and diatoms in the ponds	No aquatic fauna
	Reptiles, birds*, marine* and terrestrial mammals	Birds	Amphibians, Reptiles, birds* and mammals*
Cultural potential	Archaeological sites (Shell middens with burials)	Shell middens with burials	No archaeological sites reported
	Places of worship in almost all villages	Unmarked places of worship	Ritual bathing for locals and visitors
	Well-developed myths	Unreported myths	Myths and legends
	Existence of traditional ceremonies	Traditional ceremonies not reported	Existence of traditional ceremonies

Touristic potential	Hotels, hostels, tourist camps	Hotels, hostels	reception centers and tourist camps
	Existence of management committees and several ecotourism circuits	Existence of management committees and ecotourism circuits	Management committees and ecotourism circuit hardly passable
Socio-economic potential	Exploitation of fishery resources prohibited in the CMPA and authorized around	No fishery resources	No fishery resources
	Processing of fish products by women	Exploitation of salt by women	Existence of a center for the self-promotion of women
	Breeding, agriculture, arboriculture, market gardening	Market gardening, arboriculture	Breeding, agriculture, market gardening gathering, gold panning
	Salt mining, handicrafts, trade	Sand mining, shellfish extraction, handicrafts and small trade	Packaging and marketing of water
	Only one weekly market in Némanding	No weekly market	One weekly market in Dindéfélo
	Favorable climate	Maritime freshness	Sudano-Guinean climate
	Favorable national and regional policy		
	Existence of international conventions		
	Existence of basic collective infrastructures		
	Existing microfinance institutions		

**Species threatened with extinction.*

5 CONCLUSION

The analyzed area has a sufficiently high geodiversity potential that can serve as a basis for the creation of a geosite. In terms of representativeness, it is home to very diverse biotopes: bolons and passes with clear, low-salt water and plenty of fish; resurgences of fresh water; mangrove mudflats; bare tannes; numerous islands and islets sheltering forests dotted with baobabs; beaches with fine, clear sand; shell middens containing remains. The rarity sub-criterion is evidenced by comparison with other potential geosites described in the country. Integrity is ensured by the different statuses attributed to the area: Saloum Delta National Park (PNDS) in 1976, Saloum Delta Biosphere Reserve (RBDS) in 1981 in the Man and Biosphere (MAB) program, wetland of international importance in 1984 within the framework of the Ramsar Convention and Marine Protected Area in 2004. The last sub-criterion which evaluates the scientific value, the degree of scientific knowledge on the geosite, is attested by the number and quality of scientific publications focused on the geosite.

In terms of biodiversity, the BCMPA is home to a mangrove ecosystem that covers nearly 50% of its area; an abundant and diversified estuarine fauna made up of fish, molluscs and crustaceans; reptiles (turtles, crocodiles, etc.) and marine mammals, some of which are threatened with extinction (manatee, dolphin, etc.); numerous and diverse terrestrial mammals; abundant forest resources; abundant and diverse birdlife.

The AMPC has a rich cultural heritage based on archaeological potential with around twenty shell middens containing burial mounds, the existence of numerous places of worship and traditional ceremonies practiced in all the villages. It is clear that most of these beliefs lose their values with Islamization.

Tourism and ecotourism are well anchored in the local development strategies of the BCMPA. The main receptives are hotels, hostels and camps. Each village in the area has tourist camps and an ecotourism circuit. The management is ensured by a committee and the receipts benefit the municipality and the populations.

The young population is mainly made up of Mandingos and Serers. Apart from tourism, fishing and shellfish harvesting are practiced regularly in the bolons outside the BCMPA site and the processing of fish products is carried out by women. In terrestrial savannah areas and gallery forests, people practice other activities such as agriculture, arboriculture, market gardening, livestock, handicrafts, trade, etc.

This natural, cultural and socio-economic wealth of the site is accompanied by a national and regional policy supported by international conventions which has enabled the acquisition of a certain number of collective infrastructures which constitute levers for the sustainable development of the BCMPA.

However, it is necessary to modernize, expand and improve tourist infrastructure, mainly accommodation and catering structures and geotourism trails; assess the impact of certain conflicts related to the use of resources in the area polarized by the BCMPA and promote effective mechanisms for their management. These include the cutting of mangrove wood for smoking fish and the use of small-mesh nets at the entrance to the bolons. Particular attention should also be paid to cultural potential by regulating the exploitation of shell middens to prevent their depletion.

In addition, the educational value of the site remains insufficiently exploited. The establishment of a secure educational circuit for student visits would make them more aware of environmental education. The site could also accommodate field camps for students in history, geography, but also in marine geology.

REFERENCES

[1] P. Failler, M. Dème, and G. Van de Walle, Dynamiques d'exploitation et de valorisation des ressources halieutiques dans la Réserve de Biosphère du Delta du Saloum (RBDS), ISRA - Etudes et Documents, Vol. 9 N° 2, 20 pp., 2010. ISSN 0850-8933.

[2] G. Kelleher, *Guidelines for marine protected areas,* World Conservation Union, Gland, Switzerland, 107 pp., 1999.

[3] N. Gaye, and F. Leloup, L'Aire Marine Protégée, un instrument pour un tourisme durable et 'territorial' au profit des communautés locales ? le cas de Bamboung (Sénégal), 48ème colloque ASRDLF (Association de Science Régionale de Langue Française), 6, 7 et 8 juillet 2011 à Schoelcher, Martinique, 10 pp., 2011. http://asrdlf2011.com/.

[4] Dudley N. 2008. *Guidelines for Applying Protected Area Management Categories,* N. Dudley (Eds), IUCN, Gland, Switzerland, 96 pp., 2008.

[5] R.S. Pomeroy, J.E. Parks and L.M. Watson L., Comment va votre AMP ? Guide sur les indicateurs naturels et sociaux destinés à évaluer l'efficacité de la gestion des aires marines protégées, UICN, Gland, Suisse et Cambridge, Royaume-Uni, 232 pp., 2006.

[6] V. L'Hoir, *Etude de la filière des perches de palétuviers dans le delta du Saloum, Sénégal.* CFB, Université de Gembloux en Belgique (FUSAG, dir. W. Delwingt), 49 pp., 2000.

[7] PAG AMPCB, Plan d'aménagement et de gestion de l'Aire Marine Communautaire Protégée de Bamboung, 52 pp. 2017-2021.

[8] Breuil C., *Sénégal*. in: J.S. Sanders, D. Greboval, and A. Hjort (eds), *Marine protected areas: country case studies on policy, governance and institutional issues,* FAO technical paper 556/1, pp. 72-95, 2011.

[9] Reynard, E. 2004. *Geosite*. In *Encyclopedia of Geomorphology*; A.S. Goudie, (Eds), Routledge, London, UK., 440 pp., 2004.

[10] J. Skibiński, K. Kultys, B. Baran-Zgłobicka, and W. Zgłobicki, «Geoparks in SE Poland as Areas of Tourism Development: Current State and Future Prospects», *Resources,* 10 (11), 2021. https://doi.org/10.3390/resources10110113.

[11] Brilha J. and Reynard E., *Geoheritage and Geoconservation. The Challenges*. In E. Reynard and J Brilha (Eds): *Geoheritage: assessment, protection, and management,* Elsevier, Amsterdam, pp. 433-438, 2018. DOI: 10.1016/B978-0-12-809531-7.00025-3.

[12] L. Erikstad, «Geoheritage and geodiversity management-The questions for tomorrow», *Proc. Geol. Assoc.,* 124, pp. 713-719, 2013.

[13] M. Brocx, and V. Semeniuk, The «'8Gs'-A Blueprint for geoheritage, geoconservation, geo-education and geotourism», *Aust. J. Earth Sci.,* 66, pp. 803-821, 2019.

[14] N. Zouros, «The European Geoparks Network. Geological heritage protection and local development», *Episodes* 27, pp. 165-171, 2004.

[15] K. Xu, W. Wu, «Geoparks and geotourism in China: A sustainable approach to geoheritage conservation and local development: A review», *Land,* 11, 2022, 1493.

[16] S. Ehsan, M.S. Leman, and R. Ara Begum, «Geotourism: A tool for sustainable development of geoheritage resources», *Adv. Mater. Res.,* 622-623, pp.1711-1715, 2012.

[17] T. Hose, and D. Vasiljević, «Defining the nature and purpose of modern geotourism with particular reference to the United Kingdom and south-east Europe», *Geoheritage,* 4, pp. 25-43, 2012.

[18] P. Coratza, I.M. Bollati, V. Panizza, P. Brandolini, D. Castaldini, F. Cucchi, G. Deiana, M. Del Monte, F. Faccini, and F. Finocchiaro, «Advances in Geoheritage Mapping: Application to Iconic Geomorphological Examples from the Italian Landscape», *Sustainability,* 13, 2021, 11538.

[19] F.P. Mariotto, F.L. Bonali, and C. Venturini, «Iceland, an Open-Air Museum for Geoheritage and Earth Science Communication Purposes», *Resources, 9,* 14, 2020. doi: 10.3390/resources9020014.

[20] F. Lima, J. Brilha, and E. Salamuni, E., «Inventorying geological heritage in large territories: A methodological proposal applied to Brazil», *Geoheritage, 2,* pp. 91-99, 2010.

[21] J. Brilha, «Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: A review», *Geoheritage,* 8, pp. 119-134, 2016.

[22] E. Reynard, G. Fontana, L. Kozlik, and C. Capozza, «A method for assessing the scientific and additional values of geomorphosites», *Geogr. Helv.,* 62, pp. 148-158, 2007.

[23] P. Coratza, and C. Giusti, «Methodological proposal for the assessment of the scientific quality of geomorphosites», *Alp. Mediterr. Quat*., 18, pp. 307-313, 2005.

[24] F.P. Mariotto, K. Drymoni, F.L. Bonali, A. Tibaldi, N. Corti, and P. Oppizzi, «Geosite Assessment and Communication: A Review», *Resources,* 12, 29, 2023. https://doi.org/10.3390/ resources12020029.

[25] C.I. Youm, E. Errami and E. Sow, «Neoproterozoic Dindéfélo waterfall geosite (RNCD, Bassari country, Eastern Senegal): biodiversity and geodiversity between conservation and valorization», *Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences, Section D: Environmental Sciences,* Vol. 8, N° 3, pp. 197-224, 2018. [DOI: 10.24214/jcbps.D.8.3.19724].

[26] C.I. Youm, E. Sow, E. Errami, Y. Diedhiou, A. Gueye and R. Sarr, « Le géosite du Lac Rose (NE Dakar, Sénégal): enjeux de la préservation d'un géopatrimoine exceptionnel menacé de disparition«, *Géomorphologie: relief, processus, environnement* [En ligne], vol. 28 - n° 2: pp. 93-104, 2022. https://doi.org/10.4000/geomorphologie.16878.

[27] A. Gueye, Apport des diatomées à la connaissance du paléo-environnement de l'estuaire du Saloum au cours des derniers millénaires et notions de géoparc, géoconservation et géotourisme appliquées à la Réserve de Biosphère du Delta du Saloum (RBDS), Thèse de Doctorat, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 207 pp. + 9 planches annexes, 2023.

[28] A. Gueye, I. Badiane, E. Sow, and C.A.K. Fofana, « Les Diatomées sub-fossiles de l'estuaire du Saloum, Sénégal: inventaire floristique et paléo-environnement fournis par la carotte de Ndangane Babou«, *European Scientific Journal, ESJ,* 18 (33), 55, 2022. https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n33p55.

[29] A. Gueye, C.A.K. Fofana, I. Badiane, M. Carre, C.I. Youm, and E. Sow, «Sub-fossil diatoms from the Saloum Estuary, Senegal, West Africa: floristic inventory and paleo-productivity evolution along the Ndangonkha core», *Journal of African Earth Sciences,* 199C, 2023a. https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2023.104832.

[30] A. Gueye, E. Sow, C.A.K. Fofana, I. Badiane and C.I. Youm, «Subfossil diatoms from Bandiala (southern branch of the Saloum estuary, Senegal): Evidence of a wet period in the upper part of the Néma Ba core», *Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences, Section D: Environmental Sciences,* Vol. 13, N° 2: pp. 345-358, 2023b. [DOI: 10.24214/jcbps.D.13.2.34558.].

[31] C. Marius, Mangroves du Sénégal et de la Gambie. Ecologie - Pédologie - Géochimie Mise en valeur et aménagement. Éditions de l'ORSTOM Collection Travaux et Documents n°193 Paris, 355 pp., 1984.

[32] I.M.M. Dia, *Elaboration et mise en œuvre d'un plan de gestion intégrée. La réserve de biosphère du delta du Saloum, Sénégal.* Programme Zones Humides et Ressources en Eau, UICN Sénégal, Série bleue, La RBDS, Sénégal, 130 pp., 2003.

[33] Blasco F., *Taxonomic considerations of the mangrove species*. In: S.C. Snedaker and J.C. Snedaker (eds), *The Mangrove Ecosystem: Research Methods,* UNESCO, Paris, France, pp. 81-90, 1984.

[34] E.B. Dieye, A.T. Diaw, T. Sané, and N. Ndour, « Dynamique de la mangrove de l'estuaire du Saloum (Sénégal) entre 1972 et 2010«, *Cybergeo: European Journal of Geography* [In line], Environnement, Nature, Paysage, document 629, posted on January 09, 2013, consulted on March 01, 2016. URL: http://cybergeo.revues.org/25671; DOI: 10.4000/cybergeo.25671, 2013.

[35] P.S. DIOUF, Les peuplements de poissons des milieux estuariens de l'Afrique de l'Ouest: l'exemple de l'estuaire hyperhalin du Sine-Saloum, Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II, 267 pp. + annexes, 1996.

[36] N. Ndour, Caractérisation et étude de la dynamique des peuplements de mangroves du Delta du Saloum (République du Sénégal), Thèse de troisième cycle, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, 180 pp., 2005.

[37] M.D. Thiam, Géomorphologie, évolution et sédimentologie des terrains salées du Sine-Saloum (Sénégal), Thèse Doctorat troisième cycle Univ. Paris I, 186 pp., 1986.

[38] E.S. Diop, *La côte Ouest-Africaine: du Saloum (Sénégal) à la Mellacorée (Rep de Guinée),* In Coll. Etudes et Thèses, Editions de l'ORSTOM, Paris, 379 pp., 2 tomes + illustrations et planches cartographiques, 1990.

[39] A. Soumaré, *Evolution géomorphologique récente des paysages du Bas-Saloum,* Mémoire de DEA, Université Cheikh Anta Diop, 61 pp., 1992.

[40] H.G. Ndiaye, Application de la télédétection à l'étude de l'évolution des écosystèmes des bassins des fleuves Saloum et Casamance, Rapport Chercheur Associé ORSTOM, 36 pp. + pl., 1992.

[41] J.J. Albaret, Caractérisation de l'état de référence des peuplements de poissons d'une aire protégée en zone de mangrove: le bolon de Bamboung (Sine Saloum, Sénégal), Rapport de convention Oceanium/ AFD/ IRD, Dakar, 50 pp., décembre 2003.

[42] L. Tito de Morais, M. Simier, J. Raffray, and O. Sadio, Suivi biologique des peuplements de poissons d'une aire protégée en zone de mangrove: le bolon de Bamboung (Sine Saloum, Sénégal). Rapport de convention Narou Heuleuk/ AFD/ IRD, Dakar, 23 pp., décembre 2007. http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins textes /divers12-05/010055076.pdf.

[43] J.P. Barusseau, E.S. Diop, J. Monteillet and C.Y. Ocha, *Caractères sédimentologiques. In: L'estuaire et la mangrove du Sine –Saloum,* Atelier régional UNESCO/COMAR tenu à Dakar (Sénégal) du 28 février au 5 mars 1983, Rapport UNESC0 sur les Sciences de la Mer, 32, pp. 28-44, 1985.

[44] M. DIARA and J.P. BARUSSEAU, «Late Holocene evolution of the Saloum–Gambia double delta (Senegal)», *Geo-Eco-Marina,* 12, pp. 17–28, 2006.

[45] K. Hardy, A. Camara, R. Pique, E. Dioh, M. Gueye, H.D. Diadhiou, M. Faye and M. Carré, «Shellfishing and shell midden construction in the Saloum Delta, Senegal,» *Journal of Anthropology and Archaeology,* 41, pp. 19–32, 2016.

[46] Y. Kalck, Evolution des zones de mangroves au Quaternaire récent. Etudes géologiques et géochimiques, Thèse de 3ème cycle, U.L.P. Strasbourg, 120 pp., 1978.

[47] M. Azzoug, M. Carré, B.M. Chase, A. Deme, A. Lazar, C.E. Lazareth, A.J. Schauer, M. Mandeng-Yogo, M. Simier, A.T. Gaye and L. Tito de Morais, «Positive precipitation–evaporation budget from AD 460 to 1090 in the Saloum Delta (Senegal) indicated by mollusk oxygen isotopes,» *Global and Planetary Change,* 98–99, pp. 54-62, 2012.

[48] L. Descroix, Y. Sané, M. Thior, S.P. Manga, B.D. Ba, J. Mingou, V. Mendy, S. Coly, A. Dièye, A. Badiane, M.J. Senghor, A.B. Diedhiou, D. Sow, Y. Bouaita, S. Soumaré, A. Diop, B. Faty, B.A. Sow, E. Machu, J.P. Montoroi, J. Andrieu and J.P. Vandervaere, «Inverse Estuaries in West Africa: Evidence of the Rainfall Recovery?» *Water, 12,* 647, 25 pp., 2020 https://doi.org/10.3390/w12030647.

[49] M. Carré, M. Azzoug, P. Zaharias, A. Camara, R. Cheddadi, M. Chevalier, D. Fiorillo, A.T. Gaye, S. Janicot, M. Khodri, A. Lazar, C.E. Lazareth, J. Mignot, N.M. García, P. Patris, O. Perrot and M. Wade, «Modern drought conditions in western Sahel unprecedented in the past 1600 years,» *Climate Dynamics,* 52 (3), pp. 1949-1964, 2018. https://doi.org/10.1007/s00382-018-4311-3.

[50] Diamé I. and Goepp J., *Bamboung, première AMP au Sénégal ?,* Bulletin d'information, Programme de Gestion Intégrée des Ressources Marines et Côtières, (3), pp. 8-9, 2004. http://hdl.handle.net/1834/2448.

[51] N. Gaye, Les dynamiques socio-économiques autour de l'Aire Marine Protégée Communautaire de Bamboung (Delta du Saloum, Sénégal): entre conservation et développement territorial. Thèse de Doctorat en cotutelle en géographie, Université de Liège (Belgique) et Université Cheikh Anta Diop de Dakar (Sénégal), 366 pp., 2014.

[52] Wetlands International, *Etudes de base du programme* in « Mangrove Capital Africa » (MCA): *delta du Saloum, Dakar, Sénégal,* 37 pp., 2019.

[53] H. Bocoum, and S. Moriset, Delta du Saloum, Sénégal: proposition d'inscription sur la Liste du Patrimoine mondial, Dakar: République du Sénégal, 112 pp., 2010.

[54] J.M. Ecoutin, N. Béhagle, T. Brochier, J. Guillard, R. Laë, et al., *L'Aire Marine Protégée communautaire de Bamboung (Sine Saloum), Synthèse 2003 -2011,* Rapport de recherche IRD, 2013. hal-01483073v2.

[55] M. Carré, L. Quichaud, A. Camara, M. Azzoug, R. Cheddadi, D. Ochoa, J. Cardich, A. Pérez, R. Salas-Gismondi, J. Thébault, and Y. Thomas, «Climate change, migrations, and the peopling of Sine-Saloum mangroves (Senegal) in the past 6000 years», *Quaternary Science Reviews* 293, 2022, 107688 https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2022.107688.

[56] A.F.C. Holl, «The Oudierin Drainage Archaeological Project: New Perspectives on the Saloum Delta Shell Middens (Senegal),» *African Archaeological Review,* 39, pp. 189-219, 2022. https://doi.org/10.1007/s10437-022-09482, 2022.

[57] A. Camara, K. Hardy, E. Dioh, M. Gueye, R. Piqué, M. Carré, M. Sall, M.W. Diouf, Amas et sites coquilliers du delta du Saloum (Sénégal): Passé et présent, *L'Anthropologie* 121, pp. 204-214, 2017. https://doi.org/10.1016/j.anthro.2017.03.018.

[58] C. Descamps, G. Thilmans, J. Thommeret, Y. Thommeret, E.F. Hauptmann, Données sur l'âge et la vitesse d'édification de l'amas coquillier de Faboura (Sénégal). *Bull. Liaison Ass. Sénégal. Et. Quatern. Afr.,* 51, pp. 23-32, 1977.

[59] P. Elouard, J. Evin, M.V. Becker, Kjökkenmödding de Bangalère. Région du Saloum (Sénégal), *Bull. Liaison Ass. Sénégal. Et. Quatern. Afr.* 41, pp. 85-87, 1974.

[60] PLD, CR de Toubacouta, Plan Local de Développement de la Communauté Rurale de Toubacouta, 154 pp., 2001.

[61] J.Y. Weigel, and O. Sarr, L'Analyse bibliographique des Aires Marines Protégées. Références générales et régionales ouest-africaines, IRD Dakar, 21 pp., Juillet 2002. Ref.: CONSDEV Synthèse/WP1/02.

[62] M. Diallo M., « La fabrique des acteurs de la justice environnementale dans l'Aire marine protégée du Bamboung au Sénégal«, *VertigO,* 19 (1), 25 pp., 2019. https://apropos.erudit.org/en/users/policy-on-use/.

[63] O. Sadio, Evaluation de l'efficacité des Aires Marines Protégées comme outil de restauration des ressources marines et de gestion des stocks halieutiques: l'expérience ouest africaine. Thèse / Université de Bretagne Occidentale Mention: Ecologie halieutique: 236 pp. + annexes, 2015.

[64] JICA, Etude pour une gestion durable de la mangrove de la Petite Côte et du Delta du Saloum de la république du Sénégal, Plan de gestion durable de la mangrove, Rapport final, 193 pp., février 2005.

[65] J. Ausseil-Badie, J.P. Barusseau, C. Descamps, E.S. Diop, P. Giresse and M. Pazdur, «Holocene deltaic sequence in the Saloum estuary, Senegal,» *Quaternary Research,* 36, pp. 178-194, 1991.

[66] J.P. Barusseau, M. Bâ, C. Descamps, E.S. Diop, P. Giresse and J.L Saos, «Coastal evolution in Senegal and Mauritania at $10^{3,}$ 10^{2} and 10^{1}- year scales: Natural and human records,» *Quaternary International,* 29-30, pp. 61-73, 1995.

[67] E.S. DIOP, *L'estuaire du Saloum et ses bordures (Sénégal), Etude de géomorphologie,* Thèse de 3eme cycle, Univ. Louis Pasteur, Strasbourg, 247 p, 54 fig., 4 pl., 1978.

[68] E.S. DIOP, *L'écosystème mangrove: l'exemple des* « Rivières du sud», *In* UNESCO-MAB, *Écologie d'un écosystème spécifique à usages multiples: la mangrove,* (Cours de sensibilisation, 01-06 décembre 1986, Dakar, Toubacouta), Paris, rapport final, 290 p., 1986.

[69] J. Ausseil-Badie and J. Monteillet, « Incidence des variations climatiques récentes enregistrées par la microfaune et la malacofaune des estuaires du Sénégal et du Saloum », *Océanographie tropicale,* 20 (2), pp. 151-160, 1985.

[70] J. Pagès and J. Citeau, «Rainfall and salinity of a Sahelian estuary between 1927 and 1987», *Journal of Hydrology,* 113, pp. 325–341, 1990.

[71] M. Azzoug, M. Carré, B.M. Chase, A. Deme, A. Lazar, C.E. Lazareth, A.J. Schauer, M. Mandeng-Yogo, M. Simier, A.T. Gaye and L. Tito de Morais, «Positive precipitation–evaporation budget from AD 460 to 1090 in the Saloum Delta (Senegal) indicated by mollusk oxygen isotopes», 98–99, pp. 54-62, 2012. *Global and Planetary Change.*

[72] M. Wade, J. Mignot, A. Lazar, A.T. Gaye and M. Carré, «On the spatial coherence of rainfall over the Saloum delta (Senegal) from seasonal to decadal time scales», *Frontiers in Earth Science* 3: 30, 2015. https://doi.org/10.3389/feart.2015.00030.

[73] F.M. Sow, Les fonctions de la mangrove dans la structuration et la biologie des peuplements de poissons de l'estuaire du Sine-Saloum, Thèse de troisième cycle, Université Cheikh Anta Diop, 141 pp., 2005.

[74] PAG AMPCG, Plan d'aménagement et de gestion de l'Aire Marine Communautaire Protégée de Bamboung, 62 pp., 2014-2017.

[75] E.B. Deme, P. Failler, and G. Touron-Gardic, « La gouvernance des aires marines protégées au Sénégal: difficulté de la gestion participative et immobilisme des comités de gestion«, *VertigO,* 21 (1), mai 2021. https://doi.org/10.4000/vertigo.30880.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 4 Jun. 2023, pp. 1546-1556
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Les grands défis de l'espace maritime du Togo

[The major challenges of Togo's maritime space]

Simtagna Yao[1] and Agbeyadzi Kossi[2]

[1]Expert en planification maritime. Laboratoire de Recherche en Sciences Economiques et de Gestion, Université de Kara

[2]Géographe, Enseignant-chercheur, Membre du Laboratoire Pôle de Recherche et d'Expertise sur la Dynamique des Espaces et des Sociétés (PREDES), département de Géographie, Université de Kara, Togo

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This article presents the different problems that Togo faces in its maritime space. The research methodology is based on field survey, observation, literature research and interviews. The talks concerned fishermen, market gardeners of the coastal cordon, resource persons from the Ministry of the Environment and the Ministry in charge of the maritime economy, some associations, the authorities of the autonomous port of Lomé, and the Togolese navy. A total of 25 people are being investigated. The data collected was manually analyzed and processed. Excel, Word and ArcGis 10.4 software and allowed text formatting. The results show that Togo's maritime space is confronted with environmental problems (erosion and pollution), mapping of available natural resources, legal delimitation of the effective boundaries of space, governance of space, problems related to the different actors and conflicts of use and security challenges of space.

KEYWORDS: Maritime space, Governance, Problems, Planning, Togo.

RESUME: Cet article présente les différents problèmes auxquels le Togo est confronté dans son espace maritime. La méthodologie de recherche se base sur l'enquête de terrain (l'observation et les interviews et entretiens) et la recherche documentaire. Les entretiens ont concerné les pêcheurs, les maraîchers du cordon littoral, les personnes ressources du ministère de l'environnement et du ministère en charge de l'économie maritime, de quelques associations intervenant dans cet espace, des autorités du port autonome de Lomé et de la marine togolaise. Au total 25 personnes sont enquêtées. Les données recueillies ont été dépouillées et traitées manuellement. Les logiciels Excel, Word et ArcGis 10.4 et ont permis la mise en forme du texte, tableaux et figures. Le téléphone Itel P33 Plus a été utilisé pour la prise de vue et enregistrement des verbatim et entretiens. Les résultats montrent que l'espace maritime du Togo est confronté aux problèmes environnementaux (érosion et pollution), de la cartographie des ressources naturelles disponibles dans la mer togolaise, de délimitation juridique des frontières effectives de l'espace maritime togolais, de gouvernance de l'espace, problèmes liés aux différents acteurs et les conflits d'usage et défis sécuritaires de l'espace.

MOTS-CLEFS: Espace maritime, Gouvernance, Problèmes, Planification, Togo.

1 INTRODUCTION

Carrefour des échanges entre les continents, les mers et océans sont confrontés à de nombreux défis. Il s'agit des défis économiques, anthropologiques, historiques, sociologiques, juridiques, politiques et environnementaux. Ces défis rendent les espaces maritimes vulnérables mettant en danger la vie sur terre.

Corresponding Author: Simtagna Yao

Le secteur maritime occupe une place importante dans le développement des Etats côtiers. Parmi les 54 pays africains, 38 sont des Etats côtiers ou insulaires occupant un espace maritime qui couvre des Zones Economiques Exclusives (ZEE) d'une superficie de 13 millions de km^2 avec un plateau continental de près de 6,5 millions de km^2 (SIDE EVENTS, 2016, p. 25). Ces espaces supportent les activités maritimes du continent à travers l'exportation des matières premières vers l'occident et l'importation des produits manufacturés de l'occident vers les pays d'Afrique. Ces échanges commerciaux entre l'Afrique et le reste du monde représentent 92 à 97 % du commerce international (A. HARDING et *al*., 2007, p. 9).

Au Togo, l'espace maritime offre de nombreuses opportunités. Le Port de Lomé participe aux échanges internationaux en Afrique occidentale grâce à sa situation géographique régionale exceptionnelle (Y. KOMBATE, 2011, p. 5). Cet avantage maritime est menacé par les actes de piraterie, des activités illicites, de dégradation de l'environnement marin et de surexploitation des ressources qui déstabilisent les eaux sous-juridictions togolaises. En 2012, le Togo fut, après le Nigéria, le pays le plus touché de l'Afrique de l'Ouest et du centre en enregistrant 15 des 62 attaques, ou tentatives d'attaques, perpétrées dans la région (B. BLEDE et *al.,* 2015, p. 1). La surpêche dérégularise la production annuelle de poissons qui, comprise entre 20 000 et 25 000 tonnes, est déjà loin de couvrir les besoins de la population estimés à 70 000 tonnes par an selon D. ALI et *al.* (2012) cité par B. BLEDE et *al.* (2015, p. 3). De plus, le phénomène d'érosion en évolution rapide, avec des vitesses variant de 5 à 12 m/an (MERF (2015) cité par (ONAEM, 2016, p. 19) fragilise cette capacité de production halieutique.

A partir de ces constats, il se pose le problème de la gestion des biens et des personnes dans les eaux maritimes du Togo. Cette étude se propose ainsi d'analyser les défis auxquels l'espace maritime du Togo est confronté. L'espace maritime de l'Afrique occidentale fournit des endroits propices à la pêche et aux loisirs de plein air. Il offre des habitats pour une grande diversité faunique et floristique et occupe une place très importante pour la culture et l'histoire du continent. Cependant, il est confronté à plusieurs risques et menaces en l'occurrence le changement climatique, la pollution marine, la disparition des mangroves et de la biodiversité, l'érosion côtière, la hausse du niveau marin, le piratage maritime, les agressions et prises d'otage, le trafic de drogue, la pêche illégale, l'occupation anarchique de la bande côtière, la contrebande de carburants frelatés, la bétonisation du littoral, etc. (Y. SIMTAGNA, 2022).

Le Togo, un pays des 38 pays côtiers de l'Afrique n'est pas épargné par ces défis. Les défis les plus récurent sont entre autres ceux liés au risques environnementaux (érosion et pollution), la cartographie des ressources naturelles disponibles dans l'espace maritime togolais, de délimitation juridique des frontières effectives de l'espace, de gouvernance de l'espace, et les conflits d'usage entre différents acteurs et des défis sécuritaires de l'espace. L'espace maritime togolais faisant partie intégrante de l'espace maritime du golfe de Guinée a fait l'objet de nombreuses études. Nous retenons particulièrement les travaux de Adjoussi, 2008, 2018, « La côte togolaise est soumise à une intense érosion depuis la construction du port de Lomé qui a provoqué la perte des terres et de biens »; Bakai, 2017, «l'espace maritime togolais est confronté au défis de gouvernance, de délimitation juridique de l'espace maritime du togolais doit être traité par une coopération régionale »; WALLA, 2018, « l'érosion côtière, est susceptible d'influencer ou non les données ou informations devant aider à la délimitation des limites extérieures des différents espaces maritimes sous sa juridiction ».

La conjugaison de ces défis et la faiblesse considérables des politiques mises en place sur cet espace restreint crée une grande vulnérabilité. Ce qui nous amène à se questionner sur comment se présente les défis de l'espace maritime togolais L'objectif de cette réflexion est d'exposer les grands défis de l'espace maritime du Togo. Cet article est structuré en deux grandes parties. Dans une première partie, la zone d'étude et la méthodologie de recherche sont présentées. La seconde partie est consacrée aux résultats et discussion.

2 ZONE D'ÉTUDE ET MÉTHODE DE COLLECTE DES DONNÉES

2.1 MÉTHODE ET MATÉRIELS

La méthodologie de recherche se base sur l'enquête de terrain, l'observation, la recherche documentaire et les entretiens. Les entretiens ont concerné les pêcheurs, les maraîchers du cordon littoral, les personnes ressources du ministère de l'environnement et du ministère en charge de l'économie maritime, de quelques associations, des autorités du port autonome de Lomé et de la marine togolaise. Au totale, 25 enquêtés ont étés soumis à nous question d'entretien. Les données recueillies ont été dépouillées et traitées manuellement. Les logiciels Excel, Word et ArcGis 10.4 et ont permis la mise en forme du texte.

Le cadre méthodologique de cette étude est basé sur une approche quantitative et qualitative à partir de diverses variables obtenues par le biais de la documentation. A cet effet, plusieurs ouvrages ont été consultés afin de situer ce travail par rapport aux recherches scientifiques existantes et son apport dans l'éclaircissement d'un problème évident qu'est l'enjeu sécuritaire que représente la mer dans l'économie du Togo. Il s'agit des études de B. BLEDE et A. DIOUF (2016, p. 1), de ONAEM (2016, p. 19), de M. VIMENYO (2015, p. 12), de K.-A. FIAGAN (2014), de Y. KOMBATE (2011, p. 5), etc. Ces travaux participent à une

meilleure compréhension de l'exercice des activités maritimes sur la côte togolaise. Malgré son étroitesse, cet espace occupe une position stratégique dans le Golfe de Guinée. C'est ce qui explique la recherche des facteurs qui sous-tendent le phénomène d'insécurité dans les eaux territoriales du Togo, les enjeux et les formes de stratégies à mettre en place pour y faire face. La collecte des données sur le terrain s'est faite à partir de l'observation, des interviews et de l'enquête de terrain. L'observation a permis d'appréhender l'enjeu sécuritaire que représentent les eaux territoriales dans le développement économique du Togo.

L'entretien semi-direct a été retenu pour la collecte des informations auprès des personnes ressources qui sont: les responsables du secteur maritime togolais et les pêcheurs du port de pêche de Lomé. Les personnes ressources retenues pour cette étude et leurs effectifs sont présentés dans le tableau 1

La répartition de ces personnes ressources s'est faite selon la catégorie d'acteurs et aussi en fonction de leur activité. L'effectif a été choisi selon la disponibilité de ces différents acteurs à fournir les informations pour l'étude. Les résultats obtenus à partir de cette méthodologie sont présentés dans le développement qui suit.

2.2 ZONE D'ÉTUDE

Situé au cœur du golfe de Guinée, le Togo bénéficie d'un littoral d'une longueur modeste de 56 Km, s'étendant de la frontière du Ghana Aflaou ou frontière (ouest) à la frontière du Bénin Savikondji ou frontière (est). Ce littoral pénètre le continent sur environ 50 Km du sud au nord, soit entre 6,11° et 6,23° de latitude nord, et entre 1,20° et 1,60° de longitude est. Le littoral offre un espace maritime togolais de 20780 $Km^{2,}$ soit environ 36% de la superficie terrestre (DEGBE, 2009, p. 14). Mais la zone active de recherche couvre le domaine public maritime jusqu'à la limite des eaux continentales c'est-à-dire à 350 M ou 630 km (1M = 1,8 km).

L'espace maritime du Togo est très petit, comparé à celui du Bénin ou du Ghana. Cet espace couvre les eaux territoriales (la zone voisine au territoire riverain et s'étend jusqu'à la limite maximale de 12 milles), la zone contigüe (d'une largeur de 12 milles), la zone économique exclusive, située au-delà de la mer territoriale et qui s'étend à 200 milles nautiques des lignes de base et la haute mer qui est la partie des mers et océans qui n'est pas soumise à la juridiction des Etats côtiers. Malgré cette étroitesse, les eaux maritimes du pays disposent d'un certain nombre de richesses qui s'expliquent par les conditions climatiques favorables à leur évolution et à leurs exploitations économiques.

Avec 50 km de longueur, le plateau continental togolais est moins large que les plateaux continentaux de certains pays du Golfe de Guinée à l'instar de la Côte d'ivoire, du Ghana et du Nigéria. La composition des sédiments qui composent le plateau continental togolais laisse apparaître des fonds de natures diverses, caractérisés par une certaine homogénéité.

La côte du plateau continental togolais est très abrupte. Elle se limite à l'isobathe 100 mètres et est peu étendu. La largeur varie entre 12 et 13 milles marins de Lomé à Ouidah. Par contre, il varie de 13 à 40 milles au Ghana et de 18 à 35 milles au Nigeria. Le plateau continental qui abrite les eaux territoriales togolaises et dans lesquelles se pratique la pêche artisanale, présente divers fonds (FIAGAN, 2014, p. 8).

Selon le même auteur, du fait de l'homogénéité du relief du plateau continental togolais, il existe quatre types de fonds:

- Les fonds de 10 mètres situés près de la côte;
- Les fonds de 10 à 35 mètres qui descendent naturellement en pente douce vers le large;
- Les fonds de 35 à 45 mètres. On y note à partir de 35 mètres, une légère rupture de pente qui reprend ensuite jusqu'à une barrière de corail située presque partout entre 52 et 56 m de profondeur;
- Au-delà de cette barrière et jusqu'à la chute du plateau continental (100 m), la pente devient à nouveau régulière dans l'ensemble.

Ces types de fonds présentent diverses natures qui, d'après CROSNIER et al. (1966) cité par FIAGAN (2014, p. 8), sont de quatre types à savoir: les fonds durs, les fonds de sable vaseux, les fonds de sable et les fonds vaso-sableux profonds.

Parmi ces fonds, seuls les fonds de sable vaseux et vaso-sableux sont riches en poissons pélagiques et démersaux (sardinelle, anchois, thon, dorade, sole). Sur ces fonds, le rendement en poisson est élevé et les espèces sont de belles tailles entre 35 et 55 cm. La diversité des fonds du plateau continental permet de distinguer, dans les eaux territoriales togolaises les espèces pélagiques qui favorisent des possibilités de pêche aussi bien autorisée qu'illégale.

3 LES PROBLÈMES DE L'ESPACE MARITIME TOGOLAIS

L'espace maritime togolais est confronté à des défis majeurs au nombre desquels on note des défis environnementaux (érosion et pollution), des défis de la cartographie des ressources naturelles disponibles dans l'espace, des défis de délimitation juridique des frontières effectives de l'espace et de sa gouvernance, des défis liés aux différents acteurs et les conflits d'usage de l'espace et des défis sécuritaires de l'espace.

L'espace maritime togolais fait face à plusieurs problèmes. Ces problèmes agissent sur le développement de l'économie bleue. Les résultats des différentes analyses menées à partir des données des entretiens le montre bien. Il est en grande partie, directement construit à partir de la parole des enquêtés, par le biais de verbatims (ou citations) mis en liens les uns avec les autres. Ces derniers sont, pour la majorité, livrés sous leur forme brute issue des retranscriptions et n'ont subi aucune altération. Toutefois, dans certains cas, sans les isoler de leur contexte, les citations ont été tronquées ou segmentées afin d'en faciliter la compréhension et de fluidifier la lecture.

La plupart des enquêtés s'accordent à dire que « *les principaux enjeux de la mer togolaise sont: la mer est la connaissance même de ce qu'elle dispose en terme de ressource, la question environnementale, enjeux liées à l'occupation de l'espace marin et côtier, de la gouvernance et des frontières de l'espace maritime togolaise avec les pays limitrophes*» (Décideur national 1), et que normalement « ***L'enjeux lié à la connaissance de la mer*** *est primordiale à toute chose car si on ne connaît pas une ressource comment pouvons-nous la gérer ou planifier son utilisation ? On ne pourra uniquement faire que les à peu près. Et c'est ce que nous sommes en train de vouloir faire* » (Décideur national 4). Parlant des enjeux de la gouvernance « *c'est plus l'enjeu liée au cadre institutionnel qui crée des conflits qui ne disent pas leurs noms. C'est plus les conflits d'autorité et c'est pour éviter cela qu'est mis en place le haut conseil pour la mer cependant, il faut une meilleure compréhension du rôle de cette institution par les acteurs »* (Décideur infranational 4). Pour l'occupation de l'espace maritime il y a des conflits latents entre les pêcheurs traditionnels et ceux industriels et aussi avec le transport maritime. « *Nous avons des problèmes avec les chalutiers qui viennent ramasser nos instruments de travail et partent avec ça. Ils viennent jusqu'à la côte jusqu'à 300 m et raclent tout ce qu'on devrait attraper* » (Usager historique 1a), et « *parfois on nous refuse de s'approcher des bateaux de transport de plus de 200m ou parfois si certains pécheurs par ignorance s'approchent, après quelques minutes les marins viennent comme quoi nous sommes des pirates* » (Usager historique 1c). « *Les conflits sur une ressource limitée ne sont qu'évidents parce que la côte étant petite, tout le monde, les pécheurs, le coté géo militaire, le port automne de Lomé, les bateaux... cela ne peut qu'entrainer des conflits, car, quand nous voulons préserver, d'autres veulent utiliser ou polluer. La pêche, par exemple va vouloir refuser une AMP. Or la conservation vise à restreindre l'utilisation donc possibilité de pêche. Il faut aussi approcher d'autres acteurs tels le HCM, la préfecture maritime les usines installées sur la côte pour savoir s'ils prennent en compte les enjeux liés à la conservation dans leurs politiques et stratégies visant le développement de l'économie bleue. Cela rappelle aux responsabilités sociétales vis-à-vis des espèces protégées, au niveau mondiale et des communautés riveraines* **»** (Nouveau usager 2). Pour gérer les conflits entre usager; « *pour nous les pêcheurs, une plateforme du haut conseil pour la mer est disponible, mais, souvent, nos problèmes ne sont pas considérés. L'autre fois pour prouver la présence des chalutiers proches de la côte nous avions dû filmer un et envoyer sur la plateforme* ». (Usager historique 1a).

3.1 DÉFIS ENVIRONNEMENTAUX (ÉROSION CÔTIÈRE ET POLLUTION MARINE)

Aujourd'hui, de nombreuses pollutions d'origine humaine affectent l'espace maritime togolais et l'ensemble des pays côtiers ouest africains. Les polluants issus d'activités agricoles et industriels sont responsables des marées vertes. Une pollution chimique concerne les perturbateurs endocriniens. Ils rejoignent l'océan par les rejets d'eau fluviale et le ruissellement. Ils engendrent des problèmes de reproduction aquatique en général. Les métaux lourds sont également un problème. Au Japon par exemple, la maladie de Minamata est liée à l'ingestion de poissons contaminés par le mercure présent dans les rejets industriels. C'est le cas des rejets de phosphate dont les impacts sociaux et environnementaux restent moins connus à Kpémé au Togo. La planche 1 ci-dessous montre en première photo les caniveaux de rejets de boues issues du traitement des phosphates à Kpémé au Togo et en deuxième photo la pollution marine qui en découle.

Fig. 1. Caniveaux de rejets des boues de phosphates dans la mer et pollution marine adjacente

Source: Simtagna Yao, Enquête de terrain, vue prise en novembre 2021

Cette situation est source d'accumulation dans la chaîne alimentaire, c'est-à-dire une bioaccumulation. Environ 80% des plastiques sont libérés dans la nature. Les macro-déchets plastiques peuvent obstruer les voies respiratoires et digestives des gros animaux marins, ou bien entraîner des phénomènes de piégeage, d'étranglement, de blessure qui peuvent conduire à la mort. Cette situation peut amener à identifier les micro-plastiques dans l'ensemble de la chaîne alimentaire aquatique. De plus, les plastiques peuvent servir à la dispersion des espèces marines vers les pays voisins. Une autre pollution insoupçonnée, est la nuisance acoustique et les fuites des bateaux. Les bruits d'origine anthropique, notamment avec le trafic maritime, perturbent les mammifères marins et également l'alimentation des huitres. Or, les atouts, surtout, qu'offre le port autonome de Lomé fait qu'une grande partie de cet espace est réservé au transport maritime. Lorsqu'on observe, à vue d'œil, depuis la côte, on remarque plusieurs navires qui passent plusieurs heures voir des jours en attente sur l'espace maritime togolais.

La pêche et l'aquaculture occupent une place importante dans l'alimentation puisque les produits aquatiques ont la plus forte croissance des produits alimentaires au niveau planétaire. Cependant, il faut intégrer le fait que la surexploitation continue au Togo. La pratique de la pêche s'est industrialisée par la construction du nouveau port de pêche. Ce dernier a un impact sur les stocks et les ressources. La problématique de la surveillance se pose. C'est ce que nous confie le secrétaire COGEL du nouveau port de pêche en ces terme: «... *ils ont fixé des normes de saisie de poissons, mais, comme personne ne surveille ce qui vient des captures, il y' a du désordre. L'Etat doit recruter plus de personnes pour surveiller les captures, surtout des chalutiers. Sinon arrivé à un moment, on n'aura rien dans nos eaux*. *Il ne s'agit pas de prendre des décisions et ne pas vérifier si on les pratique ou pas. Je pense que les chefs doivent revoir cela* ». Un autre problème de la pêche togolaise est le nombre de citoyens togolais exerçant dans ce secteur. En effet, le nouveau port de pêche devrait normalement aider à réduire le chômage en termes de création d'emplois et la réduction de la pauvreté, grâce aux économies générées par la pêche. Cependant, ce secteur est largement dominé par les compétences par étrangères (maliens, nigérians, ghanéens, nigériens...).

Il faut noter aussi que sur toute l'étendue de la côte, on observe une occupation anarchique, à l'exception de certains hôtels en bordure de la mer qui ont des autorisations d'occupation.

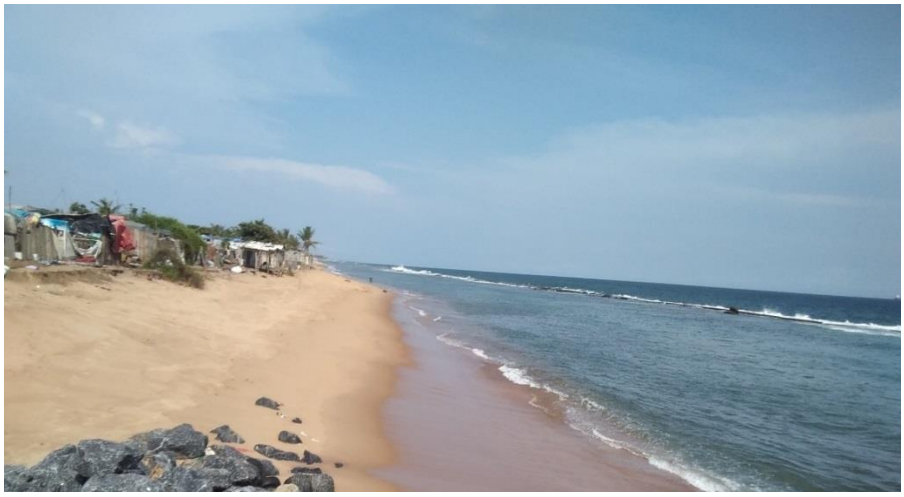


Fig. 2. Des habitations à moins de 20 m du trait de côte montrant l'ancienne route totalement engloutie par l'océan

Source: Simtagna Yao, enquête de terrain novembre 2021.

Un autre phénomène qui touche la côte togolaise est l'érosion côtière. En effet, depuis quelques années, l'érosion côtière est devenue une priorité du gouvernement et de certains pays côtiers. L'érosion côtière a pour conséquence le recul du rivage togolais. Lors des collectes des données sur le terrain, nous avons remarqué que l'érosion côtière est un phénomène d'actualité sur la côte togolaise. L'on constate des zones fortement touchées par l'érosion et des zones à faible impact. Il faut noter que certaines zones fortement touchées par l'érosion sont actuellement en cours de protection, c'est le cas du tronçon Gbodjome - Adissem. Alors que d'autres zones nécessitent une intervention rapide; En exemple, nous pouvons citer Pure Plage, qui se situe juste après le port de pêche, l'hôtel Madiba, le tronçon après l'hôtel Madiba. A ces zones, d'autres zones nécessitent la réhabilitation. Dans ses zones des épis sont construits mais leur capacité de protection est insuffisante. Il faut noter que certains ouvrages de protection ont été réalisés par l'Etat togolais. De nos jours, ces activités ont été renforcées par WACAResIP. C'est le cas par exemple d'Adissem.

Fig. 3. Aménagements de protection côtière en cours à Adissem

Source: Simtagna Yao, enquête de terrain novembre 2021.

Fig. 4. Erosion côtière à Pure Plage à Baguida

Source: Simtagna Yao, enquête de terrain novembre 2021.

De nos jours, d'énormes travaux de protection sont entrepris par le Projet régional d'investissement de la résilience des zones côtières en Afrique de l'Ouest (WACA ResIP-Togo). Ce projet porte sur deux principaux aspects tels: la protection côtière et l'environnement. Pour la protection côtière, un plan de grands travaux de protection est prévu sur les zones fortement touchées. Il s'agit de la zone d'après le port autonome de Lomé jusqu'à frontière Benin.

L'espace maritime togolais, tel que présenté plus haut, fait face à d'énormes problèmes. Pour y faire face, l'Etat togolais a mis en place un organisme chargé de gérer ces problèmes. En effet, c'est précisément pour gérer ces problèmes précités qu'est créé, en 2014, l'Organisme National chargé de l'Action de l'Etat en Mer (ONAEM), qui vise à apporter une solution durable aux problèmes sécuritaires, sociaux, économiques et environnementaux.

3.2 DÉFIS LIÉS À LA CARTOGRAPHIE DES RESSOURCES MARINES DISPONIBLES

La diversité des ressources naturelles dont regorge la mer togolaise offre à ce pays, un potentiel économique non négligeable. L'exploitation de ce potentiel aurait pu générer plusieurs activités économiques, s'il y avait des recherches à la connaissance de cet espace.

Les ressources maritimes dont le Togo à la connaissance sont:

- Les ressources vivantes (poisson, fruits de mer, éponge, perle.)
- Les ressources non vivantes (pétrole, gaz, sel, eau douce)
- Commerce et services (transport multimodal en termes de ports, aéroports, routes côtières internationales, rivières, etc.)
- Préservation de la qualité des zones marines et côtières (surveillance, gestion des déchets)
- Le tourisme, écotourisme et les activités récréatives
- Énergies éoliennes offshore (énergie éolienne offshore, énergie des marées et des houles)

Les activités maritimes au Togo sont: La pêche artisanale et industrielle, les transports aériens et maritimes, la sécurité et la protection contre l'érosion.

La pêche artisanale est pratiquée généralement par les populations riveraines à l'aide des pirogues majoritairement manuelle. Elle se pratique par les filets et les hameçons sur une distance supérieure ou égale à 800m de la côte au Togo. Elle joue un rôle important dans l'économie locale des populations riveraines et représente une activité essentielle pour la sécurité alimentaire.

La pêche industrielle est pratiquée par les chalutiers avec des moyens modernes. L'activité de ces chalutiers commence à partir de 800m de la côte jusqu'aux eaux internationales. Elle est détenue par des étrangers.

Pendant longtemps, les voies les plus pratiquées par l'aérien sont en majorité celles de l'espace maritime. La position stratégique de l'aéroport de Lomé dont la position de décollage en témoigne montre cet état de fait.

Pour le transport maritime, le port autonome de Lomé représente le principal canal d'échange commercial avec l'extérieur et plus de 80% des échanges commerciaux y transitent. En ce sens on peut dire que le transport maritime représente une part importante des activités économiques du Togo. Il faut noter l'existence de deux ports au Togo. Il s'agit du port automne de Lomé et du port minéralier du Wharf de Kpémé. Cependant, le port de Lomé est le pivot du transport maritime au Togo, du fait de la densité des activités qui s'y déroulent.

La sécurité maritime est une préoccupation majeure du gouvernement. Cela se fait remarquer par la présence constante des marins pour sécuriser le transport maritime. Les manœuvres militaires navales en mer togolaise, les patrouilles; les missions permanentes et de sauvegarde en mer sont entre autres les activités des marins dans l'espace maritime togolaise.

La protection contre l'érosion côtière est une priorité du gouvernement. Pour atteindre cet objectif, le gouvernement et ses pays frères, en collaborations avec des partenaires financiers, ont mis en place le Programme WACA qui, de nos jours, assure la protection côtière à travers, le WACResIP.

3.3 Défis De Gouvernance De L'espace Maritime

La gestion du milieu marin aujourd'hui suscite un certain nombre de doute « *nous avions l'impression que la méconnaissance exacte du rôle institutionnel et responsabilité du Haut Conseil pour la Mer par l'ensemble des acteurs fait qu'aujourd'hui certaines actions sont menées en divergence sur ce milieu* » (Personnes ressources 1a). En réalité, le HCM est l'institution hautement placée pour assurer la gestion du milieu marin et le littoral; Mais certains acteurs, face à certains constats, de nos jours remette en cause les attributions de cette institution. C'est précisément ce que nous confie un enquêté en ces termes: «...*Mais avec le HCM et la Préfecture maritime, on a quand même un cadre permanent qui travaille avec les autres acteurs. Mais pour aller en profondeur, il faut noter qu'il y a cette question de qui fait quoi. Maintenant qu'on a la création de l'économie maritime, de la pèche et de la protection côtière, cela suscite des questions de savoir qui fait quoi concrètement. Donc on a un milieu restreint avec une multitude d'acteurs dont le rôle n'est pas clairement défini. Ce qui crée des conflits d'intérêt indirecte existent mais qui ne disent pas leurs noms ».* (Décideur national 4). En effet, la côte togolaise est restreinte et donc l'espace marin aussi, « *mais on voit que cet espace est plus géré en faveur du transport, et tout dernièrement la pêche avec le nouveau port de pêche, pour l'instant, notre pays se préoccupe plus de ces deux activités. Normalement on devrait s'inspirer du Ghana à côté qui gère son espace marin en organisant cet espace pour permettre l'éclosion d'autres activités en mer* » (Nouveau usager 1).

Pour une meilleure gestion des ressources maritimes du Togo, il faut un espace maritime sous juridiction Togolaise, c'est-à-dire une délimitation juridique avec les pays voisins. Sans cette délimitation, le Togo ne pourra pas exercer sa souveraineté sur ces ressources. Il faut noter que l'océan était, tout d'abord, considéré et gouverné comme une surface sur laquelle les marchandises pouvaient être transportées.

3.4 Défis Sécuritaires Liés À La Protection Et À La Défense Du Territoire National En Mer

L'attractivité des activités portuaires togolaises est menacée par la recrudescence des actes illicites et de menaces en l'occurrence des vols à main armée, des pirateries maritimes, de la pêche illégale, des trafics illicites de drogue en mer, des contrebandes de carburant frelaté, des pollutions par déversement des déchets produits à bord des bateaux, des brigandages etc. ce qui fait de la sûreté maritime un enjeu important. Les actions de la préfecture maritime sont souvent la patrouille maritime, les manœuvres militaires navales en mer togolaise, les missions de protection permanente et de sauvetage.

Les patrouilles maritimes sont généralement des déploiements d'unités dans l'espace maritime dans le but de prévenir les attaques des pirates ou des terroristes contre les navires, le personnel et les marchandises ou contre le pays assurer par l'équipe marine du Kpémé et celle du la préfecture maritime.

Les missions de protection et permette et sauvetage sont essentiellement des missions de protection de vois maritime et de sauvegardes de la vie en mer. En 2012, le Togo fut l'un des pays du Golfe de Guinée le plus touché par les attaques ou tentatives d'attaques avec 15 actes de piraterie. Les mesures sécuritaires mises en place par les autorités togolaises ont permis de lutter contre les actes de pirateries maritimes depuis 2015. L'efficacité relative des actions de sureté en mer a permis de ne plus enregistrer un seul acte d'attaque de bateau depuis 2015.

3.5 Un Enjeu Lié À La Délimitation De L'espace Maritime Avec Les Pays Voisins

La délimitation étant un élément nécessaire pour une meilleure gestion des ressources marines du Togo et celles des Etats adjacents, elle concourt, lorsqu'elle est faite dans l'esprit de la convention, à une meilleure coopération maritime régionale et participe dès lors à l'objectif d'une bonne "gouvernance des océans" (BAKAI, 2017). En ce sens on peut dire qu'exercer une souveraineté sur l'espace maritime togolais reviens à disposer des frontières juridiques avec les pays voisins. Ce qui n'est pas le cas aujourd'hui, la problématique des frontières maritime avec les pays voisins sont en cours. En effet, plusieurs rencontres ont été effectués avec le Ghana pour définir une frontière maritime entre ces deux pays.

Or sans cette limitation certaines actions comme la planification de l'espace maritime peuvent entrainer des tensions entre les pays voisins. En effet, l'océan est un espace en perpétuelle mouvement, qui fait circuler ces éléments (physique, chimiques, culturelle et métaphysique) dans l'ensemble de l'espace maritime des pays du golf de la guinée et dans les espaces mondiales. De ce fait une mauvaise planification d'une activité sur une zone frontière ou l'exploitation d'une ressource peut créer des tensions.

3.6 Les Différents Acteurs Et Conflits D'usage De L'espace

L'espace maritime togolais est restreint mais plusieurs acteurs interagissent sur cet espace. Cette situation crée une confusion des rôles et actions de chaque acteur sur ces espaces. En effet lors des enquêtes, 4 catégories d'acteurs suivantes ont été idetifié:

Tableau 1. Catégories d'acteurs

catégories	acteurs
Institutions, décideurs et gestionnaires publics	• **Supranational**: FAO (section pêche et protection de la biodiversité marine); ONUDC (lutte contre crime et drogue) au sein du PNUD; OMI (DAF MARITME). • **National:** Organisme national chargé de l'action de l'État en mer (ONAEM) / Haut Conseil pour la Mer (HCM); Direction des Affaires Maritimes; Ministère de l'économie maritime, de la pêche et de la protection côtière; L'Agence Nationale de Gestion de l'Environnement (ANGE); Ministère du tourisme et de la culture. • **Infranational**: Préfecture maritime, préfecture du Golfe, Direction de l'Environnement, Direction de l'Aménagement, commune Lac1, commune Lac3**.**
Usagers de la mer	**Activités traditionnelles**: • Transport maritime: Direction Générale du Port Autonome de Lomé, Lomé Terminal Centenaires; • Pêche: Nouveau port de pêche de Lomé, Direction des Pêches et de l'Aquaculture; les pêcheurs • Pose de câbles: Togocom et moov africa **Activités nouvelles:** • Énergies marines renouvelables: CEET, Direction générale de l'énergie; • Aquaculture: Direction des Pêches et de l'Aquaculture (DPA); • Extraction de granulats et des ressources minière marine: Direction Générale des Mines et de la Géologie; • Les Aires Marines Protégées: Direction des Ressources Forestières.
Producteurs de données et d'information de surveillance maritime	• **Public**s: Marine nationale, Direction Générale de la Météorologie Nationale. • **Instituts techniques et de recherche**: Institut National de la Statistique, des Etudes Economiques et Démographiques (INSEED); Département de Géographie de l'Université de Lomé; WASCAL (West African Science Service Center on Climate Change and Adapted Land Use) Lomé – Université de Lomé.
ONG et associations	• AVOTODE (Association des Volontaires Togolais et Togolaises pour le Développement); Actions d'aide Humanitaire pour le Développement (AHD); les leaders d'associations (association de pêcheurs, les Comités Préfectoraux de Développement Durable, les Comités Villageois de Développement) des populations vivant sur le littoral.

Tel que présenté plus, il est impératif qu'il ait conflits d'usage de l'espace entre acteurs. C'est précisément ce cas entre les pêcheurs et les bateaux du transports marchandises sur les zones de pêches. Outre ces conflits, on note également des conflits entre les pêcheurs traditionnels et les pêcheurs modernes (chalutiers).

Il existe des conflits entre d'espace entre les autres activités et la conservation de l'espace maritime (Aire Marine Protégée (AMP). En effet, *Les conflits sur une ressource limitée ne sont qu'évidents parce que la côte étant petite, tout le monde, les pêcheurs, le côté géo-militaire, le Port Autonome de Lomé, les bateaux... cela ne peut qu'entrainer des conflits, car, quand nous voulons préserver, d'autres veulent utiliser ou polluer. La pêche, par exemple va vouloir refuser une Aire Marine Protégée (AMP). Or la conservation vise à restreindre l'utilisation donc pas de pêche. Il faut aussi approcher d'autres acteurs tels le HCM, la préfecture maritime, les usines installées sur la côte pour savoir s'ils prennent en compte les enjeux liés à la conservation dans leurs politiques et stratégies visant le développement de l'économie bleue. Cela rappelle aux responsabilités sociétales vis-à-vis des espèces protégées, au niveau mondiale et des communautés riveraines* **»** (Nouveau usager 2).

Il faut noter également les conflits institutionnels. Il existe «...*des conflits qui ne disent pas leurs noms. C'est plus les conflits d'autorité et c'est pour éviter cela qu'est mise en place le Haut Conseil pour la Mer cependant, il faut une meilleure compréhension du rôle de cette institution par les acteurs »* (Décideur infranational 4).

4 DISCUSSION

L'exposition des grands défis de l'espace maritime togolais sont les principaux résultats de ce travail.

L'espace maritime est un espace ouvert et fragile mais qui est devenu aujourd'hui très convoité. Cette situation fait que cet espace reste soumis à de nombreux défis. C'est dans ce contexte, complexe et sensible, que la communauté scientifique et internationale s'engage à éradiquer ces problèmes par un certain nombre de mesures « *de conservation* (ODD14) et *d'excitation à la recherches* (décennies 2020- 2021 des Nations Unies). Du fait de l'évolution de ces défis, ceux-ci font écho aux travaux conduits dans le cadre de la Commission Océanographique Intergouvernementale de l'Unesco (CIO) par C. Ehler et F. Douvere, à partir de la fin des années 2000 jusqu'à nos jours.

Il faut noter que vue les potentialités qu'offres les espaces maritimes à travers le monde, l'exploitation actuelle ou future de ces ressources fait l'objet de tensions entre les États: la Chine et le Vietnam revendiquent des archipels situés en mer de Chine parce que leur localisation permet l'exploitation de ressources énergétiques. L'archipel des Spratly situé dans cette mer fait d'ailleurs l'objet de conflits multiples entre les États bordiers, Chine et Vietnam, mais également Philippines, Malaisie, Brunei et Taïwan. Le conflit entre la Chine et le Japon à propos des SenkaduDiaoyu est du même type, tout comme le Golfe de Guinée est un " point chaud " du fait des gisements off-shore. Et d'autres tensions apparaissent déjà au sujet des richesses de l'Arctique, comme il a été signalé plus haut. (Francois ¸ Paillat et C. Delmas 2013). Ces conflits sont généralement dus au manque de frontières juridiques avec les pays voisins.

Selon H. BAKAI, 2017, L'exploration, la conservation, la protection, et l'exploitation des ressources biologiques et minérales, la prévention des infractions aux lois et règlements relatifs de l'Etat côtier (la pêche et au transport, à l'environnement de l'Etat côtier, à la réduction et la maîtrise de sa pollution, à la recherche scientifique etc.), passent par une maîtrise des limites de ses propres espaces maritimes (à travers un tracé qui s'intègre dans l'ensemble côtier et conventionnellement accepté par ses voisins limitrophes).

Beaucoup d'industries dépendent des Océans (agroalimentaires, cosmétiques, médecines, navale, miniers...) et beaucoup de leurs comportements ont une incidence sur leur santé. L'océan fournit alimentation, emplois et loisirs à une grande partie de la population mondiale et peut servir de moteur potentiel de croissance économique, d'emplois et d'innovation pour les États côtiers et insulaires du monde entier. Ils suscitent de se questionner « si nos océans ne sont pas en danger ». En effet, une acidité croissante vient en contrarier leur rôle de régulateur. De plus, les écosystèmes, dont dépendent nombre de ces activités économiques ont connu une dégradation rapide au cours du siècle dernier, notamment en raison de la surpêche, de la conversion des habitats côtiers, de la pollution due aux activités terrestres, des espèces envahissantes et des effets de l'élévation du niveau de la mer.

Pour P. ADJOUSSI, 2008, La construction du Port Autonome de Lomé en 1967, l'ouverture de la Zone Franche togolaise en 1990 et le développement d'autres activités formelles et informelles ont entraîné un appel massif de la main d'œuvre occasionnant la surcharge des périphéries urbaines. En effet, cette situation rend instable le trait de côté entraine *celle de la bande des 100 m du domaine public maritime naturel du Togo exposant ainsi les biens et services et par conséquent entrainant la privatisation tacite de la zone qui est normalement inaliénable et imprescriptible, propriété de l'Etat* (P. ADJOUSSI, 2018).

En réaction à cette dégradation de l'environnement et face aux différents défis, un nombre croissant de pays mènent des politiques alternatives pour développer durablement les espaces océaniques à des fins économiques tout en renforçant les

efforts de résilience au changement climatique. La stratégie de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) de l'OMI à tous les états membres à travers le comité de la protection du milieu marin ont décliné plusieurs actions au niveau mondial parmi lesquels « *un transport maritime plus écologiques.* » (OMI, 2022).

5 CONCLUSION

Au terme de cette étude, il convient de souligner la mise en évidence de l'existence de nombreux défis anthropiques et climatiques qui menacent la santé de l'espace maritime togolais. Pour y remédier, l'état togolais doit mettre en places des réformes politiques soutenus par une forte volonté politique en matière de la gouvernance, d'efforts d'adaptions, une gestion efficace et durable de l'espace marin et côtier et de ses ressources reposant sur la planification spatiale de cet espace efficace. Aussi, les projets en cours pour la lutte contre ces défis devraient être soutenus pour le bien des populations riveraines et pour la santé environnementale et économique de cet espace.

REFERENCES

[1] ADJOUSSI Pessiezoum, 2008, vulnérabilité des systèmes côtiers à l'élévation du niveau marin entre la volta et le mono dans le golfe du bénin (Afrique de l'ouest), thèse de Doctorat en Géographie, Université de Lomé, Lomé, 416 p.

[2] ADJOUSSI Pessiezoum, 2018, Erosion côtière et privatisation de « la bande des 100 m » du domaine public maritime naturel du Togo: cas de la portion de côte à l'Est du port de Lomé. Revue de géographie du LARDYMES, Université de Lomé, 1-14p.

[3] BAKAI Matchonnawè Hubert, 2017, « La délimitation des espaces maritimes du Togo au service de la sécurité des ressources marines pour le développement économique et en faveur d'une gouvernance maritime régionale ». Master 2 de Droit de l'Environnement, des Espaces et Ressources Maritimes Et de l'Aménagement du Littoral, 182 p.

[4] DEGBE Cossi George Epiphane, 2009, *Géomorphologie et érosion côtière dans le Golfe de Guinée,* mémoire de Master 2 en Océanographie physique, Faculté des Sciences et Technique, Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, 100 p.

[5] EHLER Charles and DOUVERE Fanny, 2008, Visions for a Sea Change. Report of the First International Workshop on Marine Spatial Planning, Intergovernmental Oceanographic Commission and Man and the Biosphere Programme. IOC Manual and Guides, 46: ICAM Dossier, 3. Paris: UNESCO, 2007, 84 p.

[6] EHLER Charles and DOUVERE Fanny, 2009, Marine Spatial Planning: a step-by-step approach toward ecosystem-based management. Intergovernmental Oceanographic Commission and Man and the Biosphere Programme. IOC Manual and Guides No. 53, ICAM Dossier No. 6. Paris: UNESCO. 2009, 99 p.

[7] EHLER Charles, 2014, A Guide to Evaluating Marine Spatial Plans, Paris, UNESCO, 2014. IOC Manuals and Guides, 70; ICAM Dossier 8, 98 p.

[8] FIAGAN Koku-Azonko, 2014, *La pêche artisanale maritime et sa contribution au développement socio-économique au Togo,* thèse de Doctorat en Géographie, Université de Lomé, Lomé, 456 p.

[9] PAILLAT Francois et DELMAS Jean-Christophe, 2013, cours d'histoire-géographie, LMA, 2013.

[10] Organisation Maritime Internationale, 2022, Examen d'éléments réglementaires et économiques critiques pour la stratégie de réduction des émissions de GES de l'OMI. Document présenté par le World Shipping Council (WSC), 9 p.

[11] SIMTAGNA Yao, 2022, *Planification et gestion de l'espace maritime togolais dans la perspective de développement de l'économie bleue,* mémoire de Master 2 en Planification de développement, Faculté des Sciences Economiques et de Gestion, université de Kara, Kara, 87 p.

[12] WALA Kpatcha. Ako, 2018, « *L'espace maritime dans la diplomatie togolaise* ». Mémoire En vue de l'obtention du master de recherche. Université de Kara. 98p.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 4 Jun. 2023, pp. 1557-1569
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Malnutrition en relation avec les pratiques d'approvisionnement en eau, hygiène et assainissement dans la commune de Karimama au Nord Bénin

[Malnutrition in relation to water supply, hygiene, and sanitation practices in northern Benin]

Abdoulaye Amidou Moucktarou[1], Kindossi Mêlégnonfan Janvier[2], Kpetere Jean[1], Egounlety Ayodelé Mariam[2], Orou Baran Dagui[1], Sabi Kora Albert[1], Tankouanou Gladys[1], Abdoulaye Raissatou[1], and Aboubakar Sahabou[1]

[1]Organisation pour le Développement Durable, le Renforcement et l'Autopromotion des Structures communautaires (DEDRAS-ONG), Benin

[2]Laboratoire d'Application en Modélisation, Nutrition et Sciences des Aliments (LAMONSA), Département de Nutrition et Sciences Agro-Alimentaires, Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, BP: 123 Parakou, Benin

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Despite the real progress in the field of nutrition in Benin, malnutrition remains a major public health problem in the commune of Karimama. It affects hundreds of children in all its forms. Indeed, the municipality of Karimama has the highest rate of malnutrition in the department of Alibori with 11.9% acute malnutrition and 39% chronic malnutrition among children under five years old according to the nutritional survey. This study aims to determine water, hygiene and sanitation (WASH) behaviors and their influence on undernutrition in children under five. From a descriptive and cross analysis, the absence of a healthy environment, including water, hygiene and sanitation favors infections which create a vicious circle between the living environment and malnutrition. Thus, the factors associated with infections are significantly ($p<0.01$) related to the source of water supply, household waste management, hand washing and open defecation. Encouraging better integration of WASH actions into strategies to combat undernutrition would considerably reduce the persistence of malnutrition in the commune of Karimama.

KEYWORDS: Malnutrition, infection, sanitation, hygiene, affection.

RESUME: Malgré les réels progrès dans le domaine de la nutrition au Bénin, la malnutrition reste un problème majeur de santé publique dans la commune de Karimama. Elle touche des centaines d'enfants sous toutes ses formes. En effet, la commune de Karimama présente le taux le plus élevé de Malnutrition du département de l'Alibori avec 11,9% de malnutrition aiguë et 39% de malnutrition chronique chez les enfants de moins de cinq ans selon l'enquête nutritionnelle. La présente étude a pour objectif de déterminer les comportements en eau, hygiène et assainissement (EHA) et leur influence sur la sous-nutrition chez les enfants de moins de cinq ans. A partir d'une analyse descriptive et croisée, l'absence d'un environnement sain, y compris eau, hygiène et assainissement favorisent les infections qui créent un cercle vicieux entre le milieu de vie et la malnutrition. Ainsi, les facteurs associés aux infections sont significativement ($p<0,01$) liés à la source d'approvisionnement en eau, à la gestion des ordures ménagères, au lavage des mains et à la défécation à l'aire libre. Encourager une meilleure intégration des actions en EHA dans les stratégies de lutte contre la sous-nutrition réduiraient considérablement la persistance de la malnutrition dans la commune de Karimama.

MOTS-CLEFS: Malnutrition, infection, assainissement, hygiène, affection.

Corresponding Author: Abdoulaye Amidou Moucktarou

1 INTRODUCTION

La malnutrition n'est pas un fléau récent dans le monde malgré le degré de développement de chaque pays. Plusieurs moyens de lutte ont été déclenchés par les gouvernants dans le but d'éradiquer la malnutrition dont les conséquences néfastes socio-économiques sont innombrables malgré d'importants progrès réalisés en matière de réduction de la faim, de vie de l'enfant et de la réduction de la mortalité infanto-juvénile [1]. Selon Lancet, [2] la malnutrition entraîne la mort de milliers d'enfants de moins de cinq ans de chaque année et provoque une détérioration de la croissance et des facultés mentales pour des milliers d'autres. L'état nutritionnel d'un enfant dépend de plusieurs facteurs tandis que la malnutrition résulte d'un apport alimentaire inadéquat et de maladies infectieuses répétées. Les facteurs liés à la malnutrition sont multiples. Les facteurs les plus immédiates sont liées aux conditions de cadre de vie principalement l'environnement qui sont déterminées les pratiques d'hygiènes et d'assainissement [3]. La diarrhée et le paludisme constituent la cause de 16% de décès des enfants de moins de 5 ans. La diarrhée seule provoque 11% de mortalité des enfants de moins de 5 ans en 2014 [3], [4]. Les maladies diarrhéiques chez les jeunes enfants ont été attribuées à une eau insalubre ou inadéquate à la consommation, a l'assainissement et aux pratiques de bonne hygiène [5]. Kosek & Guerrant [6] ont rapporté que dans les pays en développement les enfants de moins de 2 ans qui suivent un régime exclusif de l'allaitement maternel font en moyenne trois épisodes de diarrhée dont la cause principale est liée à l'eau insalubre. Toutefois, les aliments contaminés ont été reportés comme la principale cause de la diarrhée à travers l'alimentation complémentaire des enfants exclusivement allaités au lait maternel [7].

Au Bénin en particulier dans la commune de Karimama le taux de malnutrition est plus élevé dû à la situation sociale marquée par plusieurs décennies de catastrophes naturelles, d'insécurité alimentaire et une pauvreté très accentuée. Cette commune mérite un accent spécifique pour l'amélioration du statut nutritionnel des enfants de moins de cinq ans. La plupart des causes structurantes et multisectorielles même anodins qui influencent la malnutrition dans la commune de Karimama ont été menées [8], [9]. Mais, il est aussi indispensable de prendre également en considération les liens indirects entre l'environnement sanitaire et le statut nutritionnel afin d'analyser les comportements en matière d'accessibilité, d'utilisation en eau potable et les pratiques d'hygiène et assainissement dans le cadre la prévalence de la malnutrition.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 CADRE D'ÉTUDE

L'enquête a été réalisée sur une population cible constituée de mères d'enfants, grand-mères et gardiennes d'enfants de moins de cinq ans dans la commune de Karimama située entre 12°4'0" latitude Nord et 3°10'60" longitude Est (Fig 1). Cette commune se trouve dans la vallée du Niger débouchant de Kargui jusqu'au Mékrou. Elle a un climat de type sahélo-soudanien accentué par une saison sèche de novembre à avril. Selon PDC3 [10], les principales endémies dominantes et courantes dans la commune sont le paludisme (49 %), les infections respiratoires aiguës (18 %) et les maladies diarrhéiques (16 %).

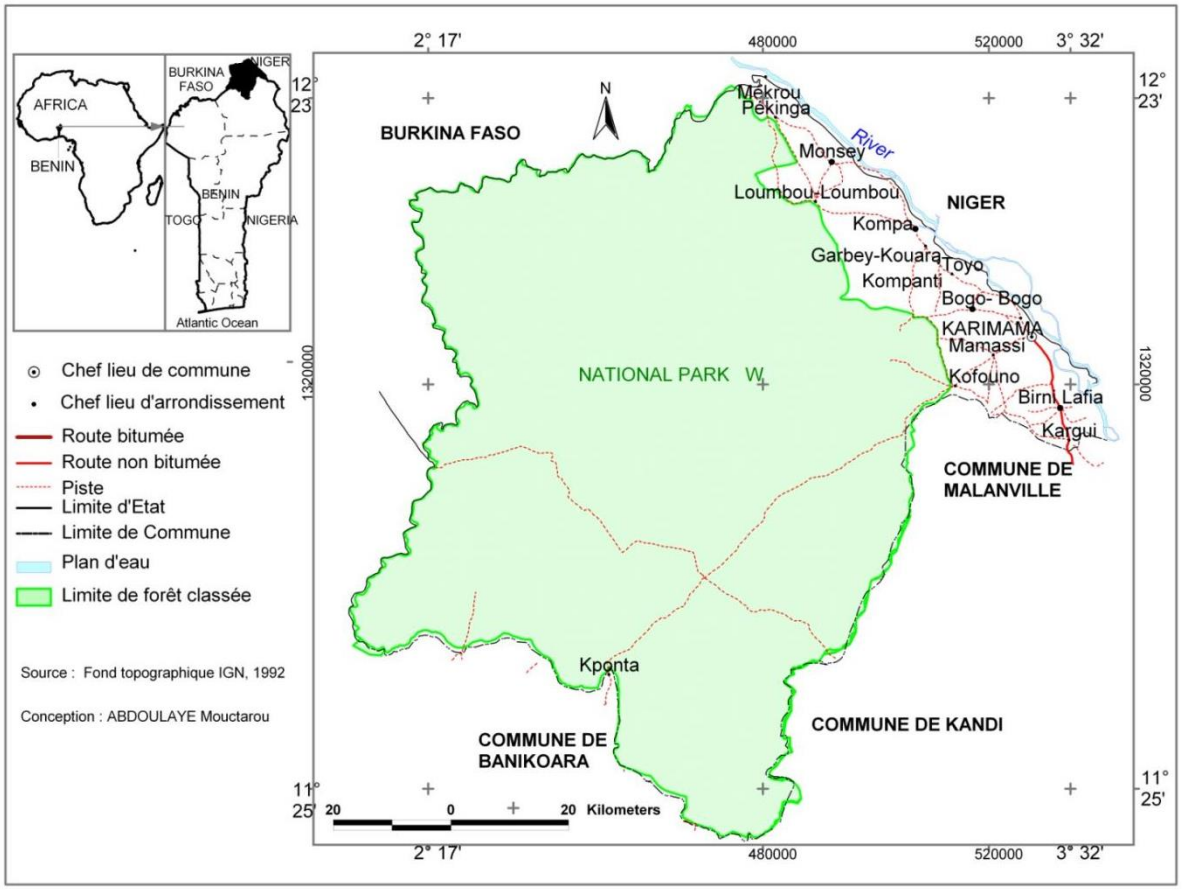


Fig. 1. ituation géographique de Karimama

2.2 COLLECTE DES DONNÉES

Plusieurs matériels ont été utilisés pour la réalisation de cette étude. Il s'agit entre autres des ressources humaines, du matériel informatique (SMARTPHONE) pour la collecte des données sur le terrain. Les matériels informatiques utilisés sont entre autres: Un ordinateur, le tableur Excel 2013, logiciel SPSS 21.Pour le volet Anthropométrique, la balance électrique à cadran numérique a été utilisée susceptible de réaliser des pesés multiples jusqu'à 5 enfants pendant que sa mère ou autre est restée sur la balance. L'objet de précision était une pierre de 5kget la balance étant de 150 kg au plus a permis d'assurer la pesée des enfants de moins de 5 ans. La prise de la taille (couché ou debout) a été fait au moyen d'une toise graduée certifiée par l'UNICEF.

2.3 ÉCHANTILLONNAGE

La méthode d'échantillonnage par grappes stratifiés à deux degrés a été utilisée et a permis d'enquêter 143 ménages dont 153 enfants de moins de cinq (05) ans dans douze (12) villages vulnérables repartis dans les cinq arrondissements que compte la commune. Ces villages ont été sélectionnés de manière raisonnée en tenant compte de leur situation nutritionnelle critique suivant les catégories de malnutrition. Compte tenu des activités assurées directement par les femmes relativement l'eau hygiène et assainissement et aussi les comportements hygiéniques, la population visée par l'étude est les mères d'enfants ayant au moins cinq (05) ans. Deux types de ménages ont été enquêtés, il s'agit des ménages individuels et des ménages collectifs.

2.4 MÉTHODE D'ANALYSE

Les données ont été directement saisies sur des Tablettes lors de l'enquête, ces données ont ensuite été exportées vers le logiciel EXCEL avant d'être importées sur le logiciel "Statistical Package for Social Sciences" (SPSS) version 21 pour analyser ces

données. Au cours de cette analyse, les notions de statistiques descriptives pour pouvoir calculer les fréquences et les pourcentages au niveau de chaque variable ont été appliquées. Les textes statistiques de Chi 2 ont été utilisés pour dégager l'existence ou non des relations entre les variables qualitatives de notre étude. L'analyse qualitative a permis d'identifier et d'apprécier le niveau d'influence des pratiques en eau, hygiène et assainissement sur le taux croissant de la malnutrition sous toutes ses formes dans les villages concernés. Le risque d'erreur a été fixé à 5%, pour un niveau de confiance 95 %.

3 RÉSULTATS

3.1 CARACTÉRISTIQUES SOCIO-DÉMOGRAPHIQUES DE LA ZONE D'ÉTUDE

Au total, 143 femmes de différents âges ont été inclus dans cette étude. Les femmes âgées de 25-33 ans ont été les plus représentées dans 64,3 % des cas. Cette tranche d'âge est celle dans laquelle les femmes sont plus fréquemment favorable à la procréation. La majorité de ces femmes ont un niveau d'instruction très faible, 92,2% de cas d'analphabètes contre 14% de cas de celles qui ont mis pied dans une école. Le ménage le plus représentatif a été celui compris entre 5 à 10 personnes (54,5%), la vie au sein des ménages a été plus collective (71.3%). Ces ménages ont été plus caractérisés par l'agriculture (81,8%), la pêche (9,1%).

Un total de 153 enfants a été recensés au cours de l'enquête. Les enfants ayant moins d'un (01) an ont été les plus représentés (37,3%) suivi de ceux de 2 -3 ans (34,6%) et ceux de 3 - 4 ans (28,1%). Soixante-treize virgule neuf pour cent (73,9%) des enfants sont des filles contre 26,1 % de garçons. La majorité (74,1%) des femmes des ménages ont évoqués qu'elles ont commencé l'introduction d'aliment aux enfants pour la première fois à partir de six (06) mois d'âge contre 25,9% de femmes qui leur ont donné des aliments avant les (06) mois (Tableau 1). En ce qui concerne l'hygiène bucco-dentaire des enfants, 94,4% des femmes des ménages ont déclaré qu'elles rincent la bouche des enfants avec de l'eau simple les matins. Le reste des femmes des ménages (5,60 %) pratiquent l'hygiène bucco-dentaire des enfants en utilisant une brosse souple et du coton imbibé d'eau et du charbon.

Les sources d'approvisionnement en eau sont multiples dans la commune. Toutefois, les fontaines, pompes et châteaux d'eau (50,3%) ont été les principales sources d'approvisionnement en eau des ménages suivi des eaux de fleuve (28,0%) et de puits (21,0%) (Tableau 1), soit près de la moitié des ménages enquêtés consomment et font usage de l'eau non potable.

Différentes affections ont été enregistrées dans les ménages telles que le paludisme et la fièvre (70,63 % des ménages), la diarrhée (67,1 % des ménages), le vomissements (54,6% des ménages). Parmi ces affections, seules celles liées aux infections respiratoires aiguës (IRA) et autres (maux de ventre, maux de tête) sont moins développées (33,7%).

Tableau 1. Caractéristiques socio-démographiques des femmes et enfants des ménages de la commune de Karimama

Variables	Sous groupes	Effectif (%)	IC (95%)
Age des femmes			
	18-24	13 (9,1)	6,6
	25-33	92 (64,3)	
	≥ 40	38 (26,6)	
Niveau d'instruction			
	Analphabète	129 (92,2)	10,2
	École coranique	2 (1,4)	
	Primaire	8 (5,6)	
	Secondaire	4 (3,0)	
Taille de ménage			
	≤5	37 (25,9)	4,4
	5-10,	78 (54,5)	
	>10	28 (19,6)	
Type de ménage			
	Individuel	41 (28,7)	7,1
	collectif	102 (71,3)	
Caractéristique du ménage			
	Agriculture	117 (81,8)	8,1

	Artisanat	2 (1,4)	
	Commerce	8 (5,6)	
	Élevage	3 (2,1)	
	Pêche	13 (9,1)	
Nombre d'enfants de moins de 5 ans par ménage			
	≤ 1 an	55 (37,3)	1,1
	2-3 ans	53 (34,6)	
	3-4 ans	43 (28,1)	
Sexe des enfants de moins de 5 ans par ménage			
	Féminin	113 (73,9)	8,2
	Masculin	40 (26,1)	
Âge de la première introduction d'aliments au bébé			
	< 6 mois	37 (25,9)	8,0
	6 mois	106 (74,1)	
Hygiène bucco-dentaire des enfants			
	Brosse	3 (2,1)	10,1
	Coton au charbon	5 (3,5)	
	Rinçage simple à l'eau	135 (94,4)	
Source d'approvisionnement de l'eau			
	Fleuve	40 (28,0)	4,8
	Marigot	1 (0,7)	
	Pompe, fontaine et château d'eau	72 (50,3)	
	Puits amélioré ouvert	27 (18,9)	
	Puits traditionnel ouvert	3 (2,1)	
Différentes affections enregistrées dans les ménages il y a deux semaines			
	Diarrhée	96 (67,1)	3,4
	Vomissement	78 (54,6)	
	Paludisme et fièvre	101 (70,6)	
	IRA et autres	48 (33,7)	

IRA: infections respiratoires aiguës
Autres: maux de ventre, maux de tête

3.2 FACTEUR INFLUENÇANT L'USAGE DE L'EAU NON POTABLE

La Fig 2 présente les facteurs du choix de la source d'approvisionnement en eau. Selon les femmes enquêtées, le choix porté sur la source d'approvisionnement a été lié à la proximité (58,7% des femmes enquêtées) et à la qualité de l'eau (51,7% des femmes enquêtées). Aussi, certaines réalités pratiques, à l'insuffisance de la quantité d'eau produite par les châteaux d'eau et la difficulté de collecte ont obligé les ménages à s'approvisionner à la source d'eau présente à proximité de chez eux comme le fleuve. Toutefois, certaines raisons évoquées par les répondants n'ont pas été basées sur des critères de qualité d'eau, à savoir: eau tiède, quantité d'eau insuffisante dans le puits, par habitude, plutôt sur les points d'eau construits ne satisfont pas totalement les besoins de la population dans la ville, et aussi la méfiance envers son prochain.

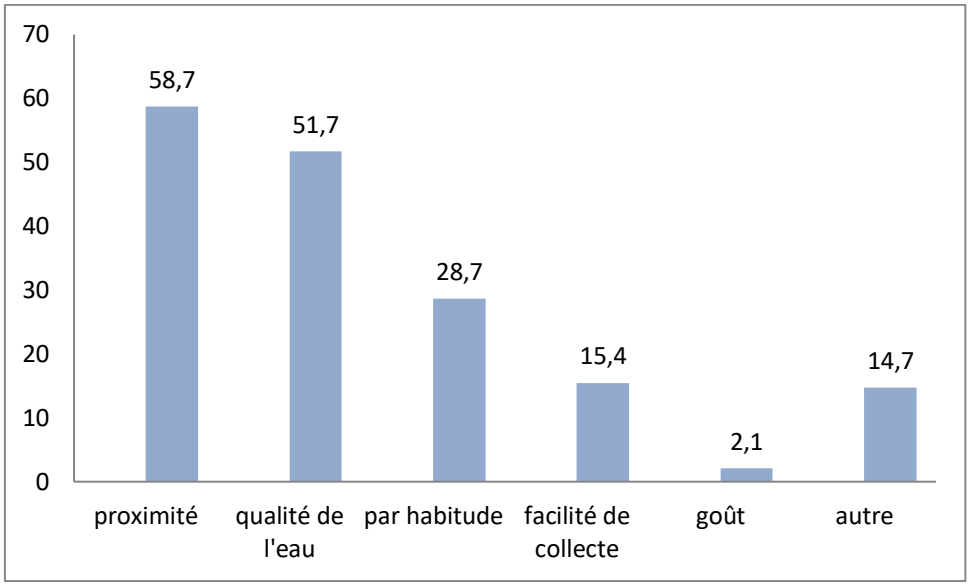


Fig. 2. acteurs du choix de source d'approvisionnement en eau

3.3 FACTEURS ASSOCIÉS AUX CHOIX DE LA SOURCE D'EAU

La source d'eau choisie par les populations est influencée par deux facteurs principaux, il s'agit de la proximité de la source d'eau et de la facilité de collecte de l'eau. La proximité et la facilité sont significativement (p<0,01) influencées sur le choix de la source d'eau (Tableau 2).

Tableau 2. Niveau d'influence des facteurs sur le choix de la source d'eau

Source d'eau	Proximité	Facilité
Fleuve	23,77	25,17
Marigot	0,1	0,69
Château d'eau	16,08	45,45
Puits amélioré ouvert	16,78	11,18
Puits traditionnel ouvert	2,09	2,09
Total	58,74	84,61
P value	0,000**	0,002**

***p<0,01*

La quantité d'eau destinée à l'usage domestique par jour varie significativement (p<0,01) en fonction de la taille du ménage. Ce qui explique clairement que la quantité d'eau utilisée par les femmes enquêtées dans leur ménage reste insignifiante. Les causes à cet effet se remarqueront inéluctablement au niveau de l'hygiène des aliments et celle vestimentaire (Tableau 3).

Tableau 3. Influence de la taille du ménage sur la quantité d'eau à l'usage domestique

Taille de Ménage	Quantité d'eau (litres)			
	25-50	50-100	> 100	Total
≤5 personnes	7	28	2	37
6-10 personnes	1	9	18	28
>10 personnes	5	56	17	78
Total	13	93	37	143
P value	0,001**	0,002**	0,000**	0,000**

***p<0,01*

L'hygiène corporelle est influencée par la quantité d'eau disponible dans le ménage. Même en dehors de la période de l'harmattan, la plupart des enfants sont lavés une fois dans les ménages.

La propreté corporelle qui est indispensable pour un bon fonctionnement de la peau (respiration et sécrétion) et aussi empêcher le développement des microbes sur la peau demeure significativement faible (p<0,01) (Tableau 4).

Tableau 4. Influence de quantité d'eau sur l'hygiène corporelle

Quantité de l'eau (litres)	Fréquence de lavage corporel			
	1 fois/Jour	2 fois/Jour	> 2 fois/Jour	Total
25-50	1,4	5,6	2,1	9,1
50-100	41,96	21	2,1	65,06
> 100	4,2	9,8	11,9	25,9
P value	0,000**			

***p<0,01*

3.4 Caractéristiques Du Mode D'assainissement Et D'hygiène

3.4.1 Hygiène Du Cadre De Vie

La Fig 4 présente l'hygiène environnementale de défécation des ménages. La défécation à l'aire libre dans la commune est une réalité. Tous les ménages enquêtés font leurs besoins à l'aire libre et de façon aiguë dans la brousse à proximité du village. Le taux observé à ce niveau est de 98,6 %. Même les ménages enquêtés ayant déclarés avoir de latrines (3,0%) ont librement exprimés leur position négative pour mettre fin à la défécation à l'aire libre. La majorité (80,1%) des enquêtés ont déclaré avoir jeté fréquemment les selles des enfants derrière les maisons à l'air libre.

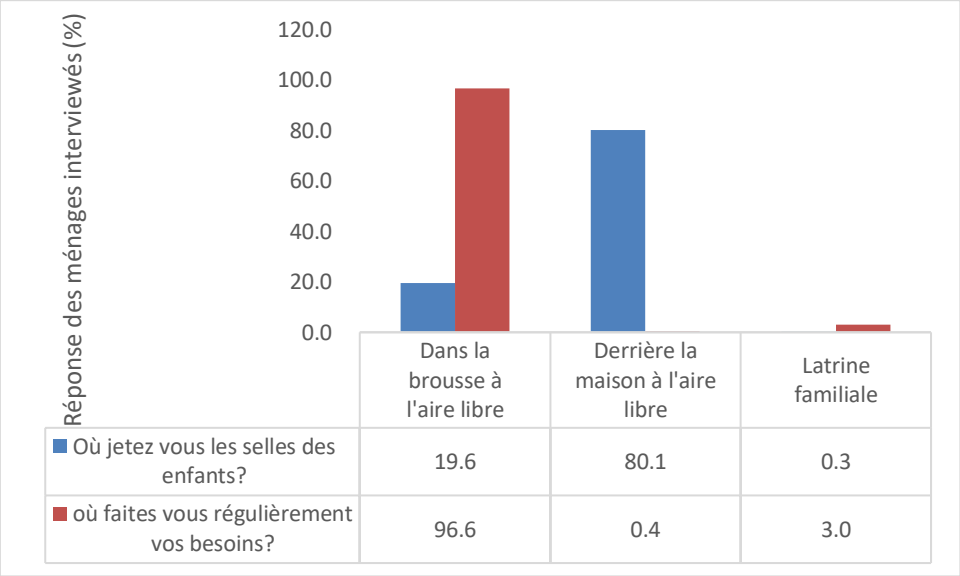


Fig. 3. Hygiène environnementale de défécation des ménages

La Fig5 montre les différents moments de lavage des mains des ménages enquêtés. Au niveau des ménages, le lavage des mains dans les villages d'enquêtes s'effectue majoritairement avant de préparer (92,3 %) avec de l'eau seulement (60,3%) ou avec la cendre à l'eau (20,4%). Le lavage des mains s'effectuent également avant de donner à manger à l'enfant (25,9%). toutefois, les moments de lavage des mains les plus importants ne sont pas exécutés par tous les ménages tels avant de donner à manger à l'enfant (18,2 %) et après la défécation (2,3%).

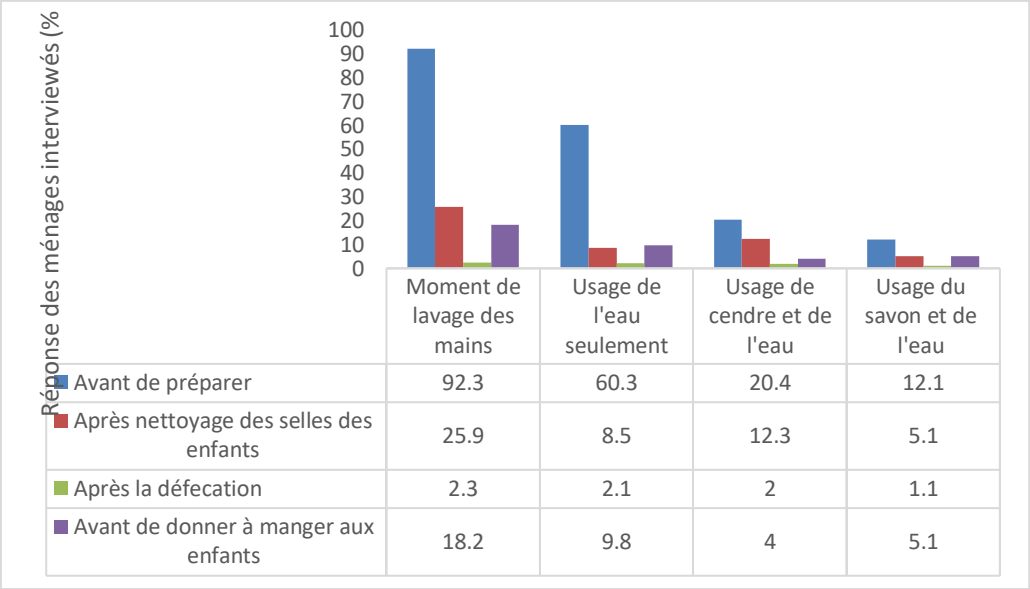


Fig. 4. Différents moments de lavage des mains des ménages enquêtés

Le Tableau 5 présente de lavage des mains selon le moyen utilisé. L'usage du savon et du cendre sont les moyens qui sont susceptibles de réduire voire éliminer les bactéries et virus afin d'éviter la transmission. Quelle que soit la durée, Cinquante-trois pour cent (53%) des femmes font usage du savon et 10 % d'entre elles utilisent la cendre tandis que 80 % d'entre elles déclarent utiliser l'eau simple. De plus, la durée de lavage des mains est significativement ($p<0,01$) influencée par le moyen d'usage.

Tableau 5. Durée de lavage des mains selon le moyen utilisé

Moyen utilisé	**Durée**		**Total**
	< 20 secondes	**> 20 secondes**	
Cendre	3	7	10
Eau simple	69	11	80
Savon	11	42	53
Total	83	60	143
P value		0,000**	

***p<0,01*

La Fig 6 montre le mode de gestion des ordures ménagères. La bonne gestion des ordures ménagère dans la zone d'étude constitue un problème majeur. Aucun système organisé de gestions des déchets n'existe dans la commune de Karimama. C'est la pratique du déversement des ordures pêle-mêle au niveau des abords des rues qui est en vogue partout. Le déversement s'observe surtout juste au niveau des maisons (54,5 %). La gestion au niveau des fosses familiale (11%) et villageoise (4 %) est marquée par l'usage des fosses des excréments, fientes et déjections des ruminants et volailles dans la perspective d'avoir de la fumure organique pour les travaux champêtres. Dix-sept pour cent (17,5 %) des ordures déversées à contre gré (à l'aire libre dans l'enceinte de la concession) et aussi celles issus des activités de transformations qui sont en vrac sur les lieux de productions sont incinérées.

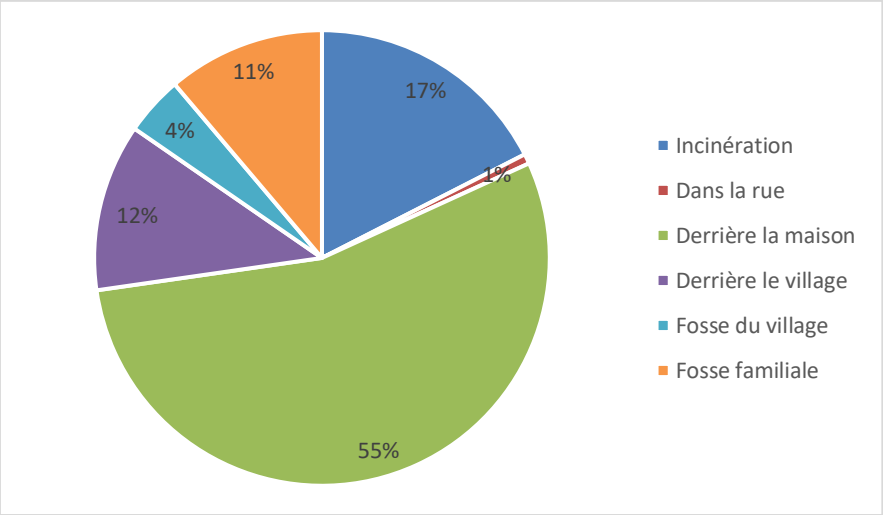


Fig. 5. Mode de gestion des ordures ménagères

3.4.2 COMPORTEMENTS WASH (EAU-HYGIÈNE-ASSAINISSEMENT) ET AFFECTIONS COURANTES EN LIEN AVEC LA MALNUTRITION

Le Tableau 6 montre les facteurs associés aux différentes affections dans les ménages. Tous ces différents facteurs tels que la mauvaise qualité de l'eau (49,7% des ménages), la mauvaise gestion des ordures (84,4% des ménages), la mauvaise pratique de lavage des mains (78,3%), la mauvaise pratiques des toilettes (88,1%) et la mauvaise pratique d'hygiène bucco-dentaire (52,4%) sont significativement ($p < 0,01$) liés à la diarrhée et au vomissement des ménages. Le paludisme est significativement ($p < 0,01$) influencé par la mauvaise gestion des déchets ménagers. Les infections respiratoires aiguës sont significativement ($p < 0,05$) influencées par la mauvaise pratique des toilettes c'est-à-dire la pratique de la défécation à l'aire libre.

Tableau 6. Facteurs associés la diarrhée et vomissement (n=143)

Facteurs	%	*P value*		
		Diarrhée et Vomissement	Paludisme	infections respiratoires aiguës
Mauvaise qualité d'eau	49,7	0,003**	116	0,190
Mauvaise gestion des ordures	84,4	0,000**	0,000**	0,410
Mauvaise pratique de lavage des mains	78,3	0,000**	0,493	0,250
Mauvaise pratique des toilettes	88,1	0,000**	0,118	0,040*
Mauvaise pratique d'Hygiène bucco-dentaire	52,4	0,000**	0,400	1,800

** p<0,05; ** p<0,01*

Le Tableau 7 présente la répartition de la malnutrition chez les enfants en fonction de Z-score. Au niveau de l'émaciation la forme sévère (Z-score <-3) atteint 3,45 % et la forme modérée (Z-score<-2) à 9,52 % sur un effectif total de 208 enfants de moins de 5ans. L'insuffisance pondérale est élevée de façon modérée avec un Z scores de 21,12 %. Le retard de croissance est un peu élevé de façon modérée chez les enfants (17,2%). Toutes ces types de malnutrition sont très significatifs ($p<0,01$).

Tableau 7. Répartition de la malnutrition chez les enfants selon Z-Scores de l'OMS

Type de malnutrition chez les enfants	Z-score <-3	Z-score<-2	*P value*
Emaciation (P/T)	3,5	9,5	0,003**
Insuffisance pondérale (P/A)	9,5	21,1	0,000**
Retard de croissance (T/A)	9,3	17,2	0,002**

*** p<0,01*

4 DISCUSSION

Plusieurs facteurs affectent l'état nutritionnel des enfants dans le Nord Benin. Les objectifs de l'étude étaient d'identifier la malnutrition infantile en lien avec les maladies endémiques (la diarrhée, le paludisme,...) et les pratiques d'approvisionnement en eau, hygiène et assainissement à Karimama, une commune du Bénin. Dans cette étude, les enfants sont sur la supervision des femmes qui sont en majorité des non instruites. Ce fait a été aussi observé par Edoun & Mongbo [9], Mahgoub et al [11] et Ndamobissi [12] qui ont souligné que le niveau d'instruction des femmes ayant en charge des enfants de moins de cinq ans est une des variables très déterminantes qui leur permet d'avoir plus de connaissance et d'apporter les soins fondamentaux en nutrition afin de mieux prévenir la malnutrition chez ces enfants. Malgré, le faible niveau d'instruction des femmes, l'alimentation de complément au lait maternel a été introduite chez la majorité des enfants à partir de 6 mois. Ces résultats corroborent bien avec les recommandations de l'OMS qui stipule que l'allaitement maternel exclusif avant six mois doit être considéré comme un déterminant positif pour un bon état nutritionnel de l'enfant [4]. les résultats ont montré que la méconnaissance ou les mauvaises pratiques liées à l'hygiène bucco-dentaire des enfants. Il est recommandé de mettre en place une routine d'hygiène bucco-dentaire des nourrissons dès l'arrivée de la première dent. Des gencives saines naissent des dents saines [13].

La source d'approvisionnement en eau provient des fontaines, pompes, châteaux d'eau, des eaux de fleuve et des puits selon la proximité et la facilité de collecte en eau. Ces facteurs expliquent le comportement des populations sur l'approvisionnement en eau de boisson. Le problème d'approvisionnement en eau de boisson de qualité se posera toujours au cas où les réalités techniques en adduction d'eau obligent la mise en place des sources un peu distant ou difficile à manœuvrer. Il convient néanmoins de poursuivre les campagnes de sensibilisation et de mettre l'accent sur le choix de la qualité de l'eau pour la prévention de la santé. Il serait également bénéfique de construire d'autres points d'eau potable pour satisfaire les besoins fondamentaux en eau de la population.

Le paludisme, la diarrhée, le vomissement et les infections respiratoires aiguës sont les affections auxquelles sont confrontées les ménages de la commune. Ces affections ont pour cause la non-utilisation des latrines c'est-à-dire la pratique de la défécation à l'aire libre, le non-exécution des moments de lavage des mains les plus importants, l'utilisation de source d'eau non potable. Ceux-ci constituent un environnement sanitaire inadéquat. Ce dernier augmente le risque d'ingérer des micro-organismes pathogènes provoquant la diarrhée, les vers intestinaux et la dysfonction entérique environnementale, qui sont les trois mécanismes pathologiques expliquant la corrélation entre environnement sanitaire insalubre et malnutrition [14].

L'importance de lavage des mains susceptibles à réduire la transmission des pathogènes sont ignorés. Pour moins de 20 seconde, 3% des femmes des ménages font l'usage de la cendre et 11 % pour le savon. D'après les résultats, 55,94 % de personnes qui se lavent les mains à l'eau simple peu importe les moments (critiques ou non). La durée de lavage des mains est significativement influencée ($p<0,01$) par le moyen utilisé pour le lavage. La durée minimale considérée au cours de l'analyse est celle recommandée par UNICEF/OMS [15] qui est d'au moins 20 secondes. Alors que l'utilisation des désinfectants comme le savon peuvent réduire la transmission des nématodes au moins 54 % et l'incidence de la pneumonie est réduit à 50 % [16]. Dangour et al. [17] a notamment relevé que l'accès à une eau de bonne qualité et l'utilisation régulière de savon amélioraient la croissance des enfants de moins de cinq ans sur le long terme et a donc un lien avec leur statut nutritionnel.

Toutefois, la non-exécution de lavage dans les moments critique implique donc la propagation des infections et germes tels que les virus et les bactéries en touchant les autres ou en manipulant les objets domestiques sera très facile. Elle influence significativement ($p<0,01$) sur la diarrhée avec un taux de 55,94 %. Ce qui montre réellement que la diarrhée résulte du manque d'hygiène et de l'ingestion d'agents pathogènes. Tout cela entraîne une baisse de la consommation alimentaire et une mauvaise absorption des nutriments. Les enfants sont alors victimes d'un « cercle vicieux » entre les infections (diarrhées) à répétition et la dégradation de leur statut nutritionnel [18].

De mauvaises conditions sanitaires et d'hygiène ainsi qu'un manque d'accès à une eau de bonne qualité sont des causes sous-jacentes de la malnutrition [19]. Ce lien peut se manifester de manière directe, avec des conséquences immédiates sur la santé, ou de manière indirecte, faisant peser un risque à long terme sur le statut nutritionnel des individus. L'inverse est également vrai: un mauvais statut nutritionnel réduit l'immunité et fragilise les barrières naturelles du corps (peau, membrane intestinale), prédisposant ainsi à l'infection (la diarrhée par exemple) et renforçant la sous-nutrition en réduisant l'absorption intestinale.

De même, l'environnement sanitaire inadéquat est influencé non seulement par la mauvaise gestion des ordures d'une part mais aussi par le mauvais drainage ou de réservoirs d'eau d'autre part. Ce qui accroît le nombre de sites propices à la reproduction des moustiques et favorise ainsi la propagation du paludisme. Le paludisme donne lieu à plusieurs carences en nutriments et à une faible masse corporelle chez les enfants de moins de cinq ans. Les enfants souffrent et meurent du

paludisme en raison de carences en protéines, zinc, vitamine A et autres micronutriments. Comme pour la diarrhée, le paludisme et la malnutrition forment un cercle vicieux entre la maladie et la dégradation du statut nutritionnel [20], [21], [22]. De même, Armah et al. [23] a déclaré que les jeunes enfants soumis à un environnement insalubre et à faibles pratiques de soins font face à des risques particulièrement élevés qui les conduisent à absorber des pathogènes présents sur le sol (E. coli dans les fèces de poulet ingérés par les jeunes enfants, notamment). Ceci conduit au développement de l'entéropathie environnementale qui réduit la capacité d'absorption des nutriments par la paroi intestinale en nécrosant ses microvillosités entraînant une réaction immunitaire et aboutissement à la malnutrition chronique.

En se basant sur les réponses des enquêtés, 56,64 % qui n'ont pas accès aux latrines reconnaissent avoir souffert des Infections Respiratoires Aiguë (IRA). Plusieurs insectes, dont la mouche domestique, qui se nourrit de matières organiques en décomposition (animaux morts, excréments d'animaux et d'humains, déchets domestiques, fruits et légumes pourris), peuvent devenir un vecteur de maladies infectieuses en contaminant la nourriture et les ustensiles de cuisine. D'autres maladies infectieuses sont transmises ou suspectées de l'être par les insectes (insecte suceur de sang). De plus, les lésions de grattage, résultat des démangeaisons causées par le prurit généré par les piqûres de ces insectes peuvent constituer une porte d'entrée pour plusieurs agents microbiologiques, causant ainsi de multiples infections secondaires. Les mauvaises pratiques d'hygiène aggravent les infections respiratoires aigües (IRA) et conduisent à une perte de masse corporelle. Un enfant sous-alimenté atteint d'une IRA comme la pneumonie, aura un taux de mortalité plus élevé qu'un enfant en bonne santé [24], [25]. De plus, il a été prouvé que lorsqu'un enfant présente une carence en micronutriments et qu'on lui administre des compléments en vitamine A, les ARI vont empêcher le rééquilibre du niveau de vitamine A [26].

La malnutrition sous toutes ses formes sévit dans la zone d'étude. La malnutrition en fonction des Z Scores affiche un taux non négligeable. La diarrhée influence de façon non négligeable la malnutrition sous toutes ses formes. L'augmentation du risque de décès due à l'émaciation et au retard de croissance a été démontrée. Cependant, l'émaciation et le retard de croissance de forme modérée ou sévère provoquent une hausse du taux de sous nutrition et de la mortalité. Quel que soit le contexte et la gravité, un enfant souffrant d'émaciation ou présentant un retard de croissance a un risque élevé de mourir [27]. La situation de commune de Karimama, en particulier dans la zone d'étude se trouve dans une situation critique.

5 CONCLUSION

L'étude sur les facteurs déterminants la malnutrition des enfants, à savoir l'accès à l'eau, à un environnement sain a montré que la malnutrition est le résultat d'une combinaison de plusieurs facteurs dans la commune de Karimama. L'absence d'un cadre de vie et d'un environnement sain y compris les conditions liées à l'eau, l'hygiène et l'assainissement est identifiée comme l'une des causes principales de la malnutrition. Plusieurs pathologies qui en découlent d'une mauvaise pratique en assainissement eau et hygiène comme la diarrhée le vomissement, les infections respiratoires aiguës et le paludisme forme un cercle vicieux avec la malnutrition. Le lavage des mains aux moments critiques, l'accès aux latrines, la gestion des ordures constituent les principaux facteurs qui affectent l'état nutritionnel des enfants de moins cinq ans. L'influence de ces facteurs sur l'état nutritionnel des enfants constitue le nid de la malnutrition. L'éducation des mères sur les actions essentielles en hygiène en eau et assainissement est particulièrement essentielle à la prévention des maladies chez les nourrissons et les jeunes enfants qui contribuent à la survenue de la malnutrition.

REFERENCES

[1] Ravaoarisoa, L., Razafimahatratra, M. J. J., Rasolofozafy, H., Pourette, D., Rakotomanga, J. D. M., & Rakotonirina, J. (2021). Connaissances et perceptions de la malnutrition par la population rurale des Hautes Terres Centrales, Madagascar [Knowledge and perception of malnutrition among the rural population in the Central Highlands, Madagascar]. *The Pan African medical journal, 39,* 277. https://doi.org/10.11604/pamj.2021.39.277.2.

[2] The Lancet (2013), Maternal and Child Nutrition, June 6, 2013.

[3] OMS (2004), Stratégie Mondiale: l'allaitement au sein est déterminant pour la survie de l'enfant, https://apps.who.int/mediacentre/news/releases/2004/pr19/fr/index.html. [consulté le 15 Août 2022].

[4] Checkley W, Buckley G, Gilman RH, Assis AM, Guerrant RL, Morris SS, Mølbak K, Valentiner-Branth P, Lanata CF, Black RE (2008). Childhood Malnutrition and Infection Network. Multi-country analysis of the effects of diarrhoea on childhood stunting. Int J Epidemiol. 37 (4): 816-30. doi: 10.1093/ije/dyn099.

[5] UNICEF. (2012). Children and Water: Global Statistics. New York: United Nations Children'sFund. http://www.unicef. [consulté le 20 avril 2021].

[6] Kosek M, Bern C, Guerrant RL. (2003). The global burden of diarrhoeal disease, as estimated from studies published between 1992 and 2000. Bull World Health Organ. 81 (3): 197-204.
[7] Stallings. (2004). Child Morbidity and Treatment Patterns. DHS Comparative Reports. No. 8. Calverton, Maryland: ORC Macro.
[8] CAP (2011). Rapport de l'étude Etude CAP sur les comportements d'hygiène dans les Communes de Karimama et de Malanville. Cabinet STIGMATE, UNICEF Bénin, Septembre 2011.
[9] Edoun E. G, Mongbo L. Roch (2020). Les formes socioculturelles de la malnutrition des enfants de moins de cinq ans dans la commune de Karimama au Nord du Bénin. European Scientific Journal. 16 (16), 73-97. Doi: 10.19044/esj.2020.v16n16p73.
[10] PDC3 (2017). Plan de Développement Communal de troisième génération de Karimama, Département de l'Alibori, Bénin. 217 p.
[11] Mahgoub Salah E.O., Maria Nnyepi, Theodore Bandeke (2006), « Factors affecting prevalence of malnutrition among children under three years of age in Botswana«, AJFAND, 6 (1) 1-15.
[12] Ndamobissi, R. (2017). Les défis sociodémographiques et politiques de la malnutrition des enfants dans les pays d'Afrique du Sahel et de la Corne de l'Afrique. Sociologie. Université Bourgogne Franche-Comté, Français. NNT: 2017UBFCH029. tel-01793437.
[13] EDVG (2022), Espace Dentaire du Vert Galant. hygiène dentaire des enfants. https://www.centredentaireduvertgalant.com/principes-d-hygiene-dentaire-pour-les-enfants [consulté le 15 Août 2022].
[14] Ensink JH, Blumenthal UJ, Brooker S. (2008). Wastewater quality and the risk of intestinal nematode infection in sewage farming families in hyderabad, India. Am J Trop Med Hyg. 79 (4): 561-7.
[15] UNICEF/OMS (2021). Fonds des Nations Unies pour l'enfance et Organisation mondiale de la Santé. Situation de l'hygiène des mains dans le monde: appel mondial à l'action pour faire de l'hygiène des mains une priorité dans les politiques et la pratique. UNICEF, New York, https://www.unicef.org/media/118481/file/State%20of%20the%20World_s%20Hand%20Hygiene_UNICEF_FR.pdf [consulté le 20 août 2022].
[16] Luby SP, Agboatwalla M, Feikin DR, Painter J, Billhimer W, Altaf A, Hoekstra RM. (2005). Effect of handwashing on child health: a randomised controlled trial. Lancet. 2005 Jul 16-22; 366 (9481): 225-33. doi: 10.1016/S0140-6736 (05) 66912-7.
[17] Dangour AD, Watson L, Cumming O, Boisson S, Che Y, Velleman Y, Cavill S, Allen E, Uauy R. (2013). Interventions to improve water quality and supply, sanitation and hygiene practices, and their effects on the nutritional status of children. Cochrane Database of Systematic Reviews, Issue 8. Art. No.: CD009382. DOI: 10.1002/14651858.CD009382.pub2.
[18] UNICEF/WHO. (2013) Progress on drinking water and sanitation, in Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation.
[19] Cairncross S, Valdmanis V. (2006). Water Supply, Sanitation, and Hygiene Promotion. Chapter 41. In: Jamison DT, Breman JG, Measham AR, et al., editors. Disease Control Priorities in Developing Countries. 2nd edition. Washington (DC): The International Bank for Reconstruction and Development, The World Bank.
[20] Ehrhardt S, Burchard GD, Mantel C, Cramer JP, Kaiser S, Kubo M, Otchwemah RN, Bienzle U, Mockenhaupt FP. (2006). Malaria, anemia, and malnutrition in african children--defining intervention priorities. J Infect Dis. 1; 194 (1): 108-14. doi: 10.1086/504688.
[21] Fillol F, Cournil A, Boulanger D, Cissé B, Sokhna C, Targett G, Trape JF, Simondon F, Greenwood B, Simondon KB. (2009). Influence of wasting and stunting at the onset of the rainy season on subsequent malaria morbidity among rural preschool children in Senegal. Am J Trop Med Hyg. 80 (2): 202-8.
[22] Mmbando BP, Mwaiswelo RO, Chacky F, Molteni F, Mohamed A, Lazaro S, Ngasala B. (2022). Nutritional status of children under five years old involved in a seasonal malaria chemoprevention study in the Nanyumbu and Masasi districts in Tanzania. PLoS One. 29; 17 (4): e0267670. doi: 10.1371/journal.pone.0267670.
[23] Armah GE, Sow SO, Breiman RF, Dallas MJ, Tapia MD, Feikin DR, Binka FN, Steele AD, Laserson KF, Ansah NA, Levine MM, Lewis K, Coia ML, Attah-Poku M, Ojwando J, Rivers SB, Victor JC, Nyambane G, Hodgson A, Schödel F, Ciarlet M, Neuzil KM. (2010). Efficacy of pentavalent rotavirus vaccine against severe rotavirus gastroenteritis in infants in developing countries in sub-Saharan Africa: a randomised, double-blind, placebo-controlled trial. Lancet. 376 (9741): 606-614. doi: 10.1016/S0140-6736 (10) 60889-6.
[24] Le Saux N, Robinson JL; (2015). Société canadienne de pédiatrie, comité des maladies infectieuses et d'immunisation. La pneumonie non compliquée chez les enfants et les adolescents canadiens en santé: points de pratique sur la prise en charge. Paediatr Child Health. 20 (8): 446–50.
[25] Rudan I, Boschi-Pinto C, Biloglav Z, Mulholland K, Campbell H. (2008). Epidemiology and etiology of childhood pneumonia. *Bull World Heal Organ.;* 86 (5): 408–16.

[26] Rahman MM, Abe SK, Rahman MS, Kanda M, Narita S, Bilano V, Ota E, Gilmour S, Shibuya K. (2016) Maternal anemia and risk of adverse birth and health outcomes in low- and middle-income countries: systematic review and meta-analysis. Am J Clin Nutr. 103 (2): 495-504. doi: 10.3945/ajcn.115.107896.

[27] Dorion C, Hunter PR, Van den Bergh R, Roure C, Delchevalerie P, Reid T, Maes P. (2012). Does village water supply affect children's length of stay in a therapeutic feeding program in Niger? Lessons from a Médecins Sans Frontières program. PLoS One. 7 (12): e50982. doi: 10.1371/journal.pone.0050982.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 4 Jun. 2023, pp. 1570-1583
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Stratégie de conservation des semences céréalières dans la région de l'Extrême-Nord, Cameroun: Localité de Gazawa

[Cereal seeds conservation strategy in the region of Far-North, Cameroon: Locality of Gazawa]

A. Fatoumata[1], D. Haicha[1], P. Kaouvon[1], G. Sobda[2], P. D. Sakatai[2], A. Goudom[3], and B. Wang-Bara[1]

[1]Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) Garoua, Cameroon

[2]Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) Maroua, Cameroon

[3]Ecole Nationale Supérieure Polytechnique de Maroua-Université de Maroua, Cameroon

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: A study aimed at understanding the different methods of storage and conservation of cereal seeds was carried out in the locality of Gazawa, region of Far-North/Cameroon. The objective was to determine the local conservation knowledge of farmers in order to preserve the diversity of production plant material and promote sustainable integrated management of plant genetic resources. Based on a methodological survey, question and answers based on target sample of fifty individual persons. It follows that in total 6 varieties of maize (*CMS-9015, CMS-8806, CMS-8501, CMS-8704, TZEE-W* and *EVDT*) and 6 varieties of sorghum (*CS-54, CS -61, CS-95, Damougari, S-35* and *Zouaye*) are popularized, maintained. The *EVDT* varieties of corn and *CS-95, CS-61, Damougari* of sorghum are kept ex-situ in cold rooms or conservation structures. Optimal dehydration method, warehouse maintenance applied and in conservation structures help to maintain seeds quality and varietal diversity. The only variety of rice recorded was *Nerica 3* and 25 collections of pennicilary millet from the Far-North and North of Cameroon, ICRISAT and INERA are being popularized. The local varieties *Sectaire* (22.85 %), *Dadoudou* (11.42 %), *Farigawa, Salié, Viri* by 8.57 %, *local white maize* (5.71 %) and *Panar* (2.85 %) are the most appreciated and cultivated by farmers for their organoleptic properties, their nutritional values and their productivity. The local seeds of the farmers are kept with the corn cobs enclosed in the husks, the panicles covered with the powder of the glumes hanging in sheds.

KEYWORDS: Post- harvest, Seeds, Cereals, Varieties, Far-North.

RESUME: Une étude visant à appréhender les différentes méthodes stockage et conservation des semences de céréale a été menée dans la localité de Gazawa, région de l'Extrême-Nord/Cameroun. L'objectif de l'étude a été déterminer les savoirs locaux de conservation des céréales par les paysans, dans le but de préserver la diversité du matériel végétal de production et promouvoir une gestion intégrée durable des ressources phyto-génétiques. Sur la base d'une enquête méthodologique et questionnaire basé sur un échantillon cible de cinquante individus, il résulte qu'au total 6 variétés de maïs (*CMS-9015, CMS-8806, CMS-8501, CMS-8704, TZEE-W* et *EVDT*) et 6 variétés de sorgho (*CS-54, CS-61, CS-95, Damougari, S-35* et *Zouaye*) sont vulgarisés, maintenues. Les variétés *EVDT* de maïs et *CS-95, CS-61, Damougari* du sorgho sont conservées ex-situ dans des chambres froides ou des fermes agricoles. Les techniques déshydratation optimale, l'entretien des entrepôts appliqués et les structures de conservation permettent de maintenir la qualité des semences et la diversité variétale en leur sein. L'unique variété de riz recensée a été la *Nerica 3* et 25 collections de mil pennicilaire venant du Nord et l'Extrême-Nord du Cameroun, de l'ICRISAT et l'INERA sont en cours de vulgarisation. Les variétés locales *Sectaire* (22,85 %), *Dadoudou* (11,42 %), *Farigawa, Salié, Viri* de 8,57 %, le *maïs local blanc* (5,71 %) et le *Panar* (2,85 %) sont les plus appréciées et cultivées par les paysans pour leurs propriétés organoleptiques, leurs valeurs nutritives et leur productivité. Les semences locales des paysans sont

Corresponding Author: A. Fatoumata

conservées avec les épis renfermés dans les spathes, les panicules recouvertes de la poudre des glumes accrochés à l'air libre dans des hangars.

MOTS-CLEFS: Post-récolte, Semences, Céréales, Variétés, Extrême-nord.

1 INTRODUCTION

La conservation de la diversité biologique est une préoccupation commune de l'humanité et fait partie intégrante du processus de développement. Les « Ressources phyto-génétiques pour l'alimentation et l'agriculture » désignent le matériel génétique d'origine végétale ayant une valeur effective ou potentielle pour l'alimentation et l'agriculture [4]. Elles constituent la base de notre alimentation au quotidien. Depuis plusieurs années (1200 ans), les chasseurs-cueilleurs ont réalisé qu'ils pouvaient conserver et planter des semences d'une année à l'autre. Depuis cette époque, les semences des cultures les plus simples à transformer ou à stocker, les plus résistantes ou simplement les plus savoureuses sont conservées par les agriculteurs [1].

Les céréales représentent pour nombre de pays en développement, l'essentiel du régime alimentaire des populations rurales généralement à faibles revenus [7]. Au Cameroun, l'agriculture est la principale activité des populations et représente 19,7 % du PIB. La Région de l'Extrême-Nord située dans la zone sahélienne connaît de manière récurrente des sécheresses (2009 et 2011) et des inondations (2010, 2012 et 2014) qui perturbent les productions agricoles. Pendant la campagne agricole 2015/2016, elle a encore affiché un déficit vivrier en équivalents céréaliers (EC) d'environ 50 088 tonnes par rapport aux besoins de la population [12]. De ce fait, une bonne stratégie de conservation de ces denrées pourrait contribuer à atteindre l'autosuffisance et la sécurité alimentaire.

Selon [5], le remplacement des variétés locales par des variétés modernes est la principale cause d'érosion génétique. Une seconde catégorie des causes de l'érosion génétique regroupe l'apparition de nouveaux ravageurs, de plantes adventices et de maladies ou encore la dégradation environnementale. La lutte contre le phénomène s'est généralement concentrée sur la conservation des semences dans des banques de gènes (ex-situ). Aujourd'hui, il apparaît clairement que la meilleure stratégie consiste à l'associer à la conservation in situ, opérée par les agriculteurs au sein de leurs agroécosystèmes, et concernant les espèces sauvages apparentées, dans les zones protégées pour leur valeur environnementale [5]. La Commission des ressources génétiques pour l'alimentation et l'agriculture a mis en place une série d'initiatives internationales essentielles, sensibilisant la communauté internationale à la rapide aggravation de l'érosion génétique et impulsant des politiques concertées de conservation. Au Cameroun, le MINADER s'est doté d'une stratégie de développement du secteur rural dont la vision politique a pour finalité de renforcer son rôle de puissance agricole sous régionale, où le secteur rural est un moteur de l'économie nationale, assurant la sécurité alimentaire [9].

La conservation des céréales est confrontée à des contraintes d'ordre pédoclimatique, socio-économique et biotique. Les efforts consentis pour la levée progressive de ces contraintes et l'amélioration de la production peuvent toutefois s'avérer inutiles sans un système adéquat de conservation post-récolte [6]. En effet, en zone soudano-sahélienne sèche, la conservation post-récolte est le seul moyen d'assurer le lien entre la récolte intervenant une fois dans l'année et la consommation qui est permanente et obligatoire. Les récoltes, conservées en général dans des conditions inadéquates, sont attaquées par des insectes, des rongeurs et des moisissures [17]. Selon les spéculations et les déprédateurs, les attaques peuvent commencer aux champs ou intervenir uniquement dans les stocks [7]. Les dégâts qu'ils occasionnent incluent la perte de poids et une diminution de la qualité des graines et quelque fois une perte du pouvoir germinatif [2]. L'activité métabolique des insectes crée un milieu favorable au développement des micro-organismes produisant des toxines qui dégradent et réduisent la qualité de la graine.

L'action des insectes est aggravée par les conditions climatiques favorables à leur développement et à l'inapplication de techniques appropriées de conservation. Les changements imprévisibles de conditions climatiques qui sévissent dans la partie septentrionale du Cameroun affectent inévitablement les ressources phyto-génétiques et la diversité des cultures. Il s'agit essentiellement des poches de sécheresse entraînant des baisses de production qui compromettent la sécurité alimentaire et provoquent la disparition des espèces qui n'ont pas pu boucler leur cycle de reproduction pendant la très courte saison des pluies. Il est donc nécessaire d'évaluer la méthode de conservation post-récolte actuelle en vue de déterminer les problèmes de conservation rencontrés et les conséquences sur la qualité des denrées conservées.

2 APPROCHE METHODOLOGIQUE

La **Figure 1** présente la carte de la localité de la zone d'étude.

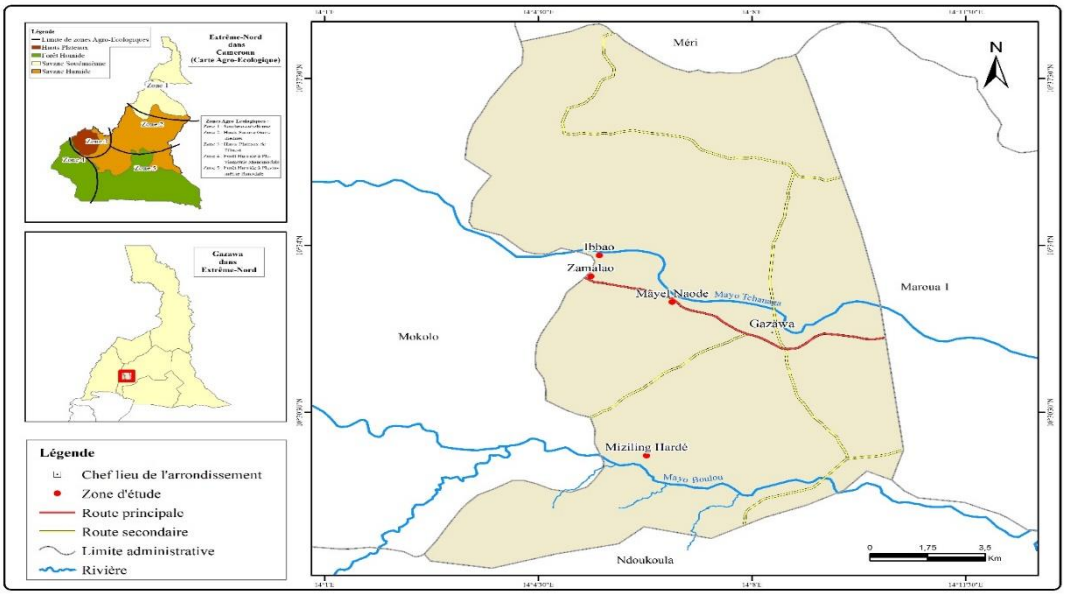


Fig. 1. Carte de localisation de la commune de Gazawa (WAPPOUO, 2020)

D'après la carte de répartition des zones agro-écologiques du Cameroun, notre zone d'étude se retrouve dans la région de l'Extrême-Nord appartenant à la zone agro-écologique I. La **Figure 1** ci-haut représente une localisation de notre zone d'étude. Elle a été réalisée avec le logiciel Arcgis version 10.3 en utilisant les images de Open Street Map et la carte des zones agro-écologiques du Cameroun. Elle couvre spécifiquement la localité de Gazawa où se trouvent les structures de conservation et stockage des semences de céréales certifiées produites par les multiplicateurs reconnus officiellement par la Délégation Régionale de l'Agriculture et du Développement Rural. De même, on y retrouve également les organisations paysannes associés sous forme de GIC et dont l'activité pour la plupart est la production des céréales. Elle prend aussi en compte l'Institut de la Recherche Agricole pour le Développement y compris les équipements de stockages et conservations de ces semences. L'approche méthodologique utilisée pour notre étude est caractérisée, par une démarche descriptive et hypothético-déductive. Une enquête de terrain est réalisée auprès d'une population subdivisée en deux groupes. Au total, cinquante individus ont été soumis au questionnaire. Le premier sous-échantillon est constitué des conservateurs, multiplicateurs, sélectionneurs de semences et le second des paysans de la localité de Gazawa. Les données d'enquête collectées ont été synthétisées par le tableur EXCEL 2013, puis analysées à l'aide du logiciel SPSS. Les différentes analyses effectuées pour illustrer les corrélations existantes entres les variables pris en compte sont: le test de khi-deux, les représentations graphiques par les diagrammes circulaires, les diagrammes à barres et les analyses à correspondances multiples (ACM).

2.1 ECHANTILLONNAGE

La méthode d'échantillonnage utilisée est celle non probabiliste. La population étudiée n'est pas homogène et est stratifiée en deux sous-échantillons présentant des différents traits qui les distinguent les uns des autres (âge, sexe, profession, etc.). La population totale enquêtée correspond à cinquante individus. Le premier sous-échantillon est constitué de quinze enquêtés dont: des multiplicateurs de semences certifiés répertoriés à la Délégation d'Agriculture et du Développement Rural de l'Extrême-Nord associées sous forme de GIC, des sélectionneurs et conservateurs de semences de la Délégation de l'Agriculture et du Développement Rural et de l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement. Le second sous-échantillon regroupe un total de trente-cinq paysans qui entrent en possession de leurs semences auprès des institutions agricoles et/ou ceux possédant leurs propres semences conservées jadis localisés dans le terroir de Gazawa où se trouve la ferme de la Délégation de l'Agriculture et du Développement Rural de l'Extrême-Nord.

2.2 ENQUÊTES

L'enquête a été réalisée pendant quatre semaines reparties sur environ un mois et demi. Le guide d'enquête a été rédigé sur la base du document: méthodologie de l'enquête par questionnaire [16]. La démarche utilisée pour la réalisation de l'enquête s'est basée sur une méthodologie de focus groupe et d'interview à partir des questions à réponses ouvertes et fermées. Les variables considérées dans la fiche d'enquête ont été conçues sur la base des objectifs, résultats attendus et ont permis à la description d'un phénomène objectif que constitue l'approche de conservation et de stockage des céréales réalisée par les acteurs de la filière semence. La grille du questionnaire a été établie afin de pouvoir justifier les hypothèses proposées. Les questionnaires utilisés pour la réalisation de la présente étude étaient axées sur:

- L'identification des acteurs potentiels semenciers;
- L'évaluation des processus de conservation des semences céréalières;
- L'état de lieux des variétés de céréales disponibles et conservées;
- La caractérisation des structures de conservation;
- L'appréciation de la productivité des semences.

2.3 ANALYSES DES DONNÉES

L'analyse statistique de données collectées sur le terrain a été effectuée à l'aide des outils statistiques ci-après:

- Le tableur Microsoft EXCEL 2013;
- Le logiciel SPSS version 20.

2.3.1 STATISTIQUES DESCRIPTIVES, SYNTHÈSE ET RECODAGE DE DONNÉES

L'ensemble des données brutes obtenues à la suite des enquêtes ont été saisies dans le tableur Microsoft EXCEL 2013. Toutes les variables qualitatives et quantitatives considérées pour les analyses ont été regroupées et recodées à l'aide de ce même outil statistique. Pour chaque variable qualitative considérée, les modalités constituées de valeurs nominales ont été recodées en valeurs chiffrées afin de pouvoir effectuer les analyses statistiques descriptives.

Pour les analyses statistiques, les calculs des moyennes, écarts types, pourcentages ont été réalisées par le logiciel SPSS version 20. Les tableaux de valeurs obtenues, tel que le tableau de corrélation des variables, les tableaux croisés des tests de Khi-deux, ont été par la suite importés dans EXCEL pour une meilleure interprétation des résultats. A partir des données des tableaux des statistiques descriptives effectuées, le nombre de récurrence de citation des variétés locales par les paysans ont permis de calculer les indices de [10]. La répartition graphique en diagrammes circulaires et diagrammes à bandes des variétés locales appréciées et cultivées par les paysans et les variables considérés lors des enquêtes a été représenté par les pourcentages.

2.3.2 CALCUL DES INDICES DE LANCE ET AL. (1994)

La fréquence d'usage de chaque variété et par spéculation est déterminée grâce au calcul de l'indice d'utilisation des espèces noté I. Il est calculé à partir de la formule de [10].

$$\boldsymbol{I}\,(\%) \;=\; \boldsymbol{n} \,/\, \boldsymbol{N}\, \boldsymbol{x}\, \mathbf{100}$$

Avec **n**: nombre de personne citant l'espèce;

N: nombre de personnes enquêtées;

La caractérisation des différentes variétés de semences pour chaque spéculation a été élaborée à partir du Catalogue Officiel des Espèces et Variétés au Cameroun [11].

2.3.3 LE TEST DE KHI-DEUX ET LES ANALYSES DE CORRESPONDANCES MULTIPLES (ACM)

Les tableaux de valeurs du test de khi-deux de Pearson et les tableaux croisés ont ressortis des corrélations existantes entre les variables, telles que l'interrelation entre le nombre d'années de culture d'une céréale, la qualité de la semence et le rendement obtenu à la récolte.

Les Analyses des Correspondances Multiples sont une méthode factorielle adaptée aux tableaux dans lesquels un ensemble d'individus est décrit par un ensemble de variables qualitatives [3]. Les données qualitatives collectées à la suite des enquêtes ont été soumises à des Analyses des Correspondances Multiples. L'ensemble des individus constitués par les différentes variétés de chaque spéculation ont été décrites sous la base des variables tels que: les critères de choix variétal préféré par les paysans, les équipements de conservation et les méthodes de conservation appliquées, les attaques observées et la qualité de la graine stockée. Les ACM réalisées sur les données des conservateurs ont permis de décrire les catégories de semences produites pour chaque spéculation. Cette analyse ressort également la corrélation entre les différentes variétés de chaque spéculation et les variables qualitatives notamment, les causes de l'extinction de certaines variétés, la gestion et la maintenance de la qualité de la graine conservée, l'entretien des entrepôts et les traitements appliquées pour la conservation des produits.

3 RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1 CARACTÉRISATION DE LA DIVERSITÉ DES VARIÉTÉS LOCALES ET SAVOIRS LOCAUX DE CONSERVATION DES PAYSANS

3.1.1 INVENTAIRE DES VARIÉTÉS LOCALES APPRÉCIÉES PAR LES PAYSANS

La Figure 2 ci-dessous présente les différentes variétés locales et certifiées recensées auprès des paysans leur indice d'usage I. Ce graphe illustre la fréquence d'usage des variétés de semences appréciées et cultivées par les paysans. Lors de l'enquête, les paysans par la méthode de free listing ont énumérés un ensemble de variétés locales et certifiées dont ils produisent annuellement. Les données d'enquêtes sur les effectifs de chaque variété listée par les paysans ont permis de déterminer l'indice d'utilisation des espèces noté I. L'indice d'usage de chaque espèce est calculé à partir de la formule de [10], détaillée plus haut dans le paraphage portant sur la méthodologie. Le choix et l'appréciation paysanne d'une variété donnée dépend d'un certain nombre de critères. Les raisons de choix évoqués par les paysans ont été regroupés en fonction des critères agro-morphologiques (le goût, la couleur de la graine, la hauteur des plantes et le cycle variétal), des critères socio-économiques (le taux de demande sur le marché) et également par rapport aux conditions environnementales (la pluviométrie, la résistance au vent et l'adaptabilité à la texture du sol). De ce fait, il ressort que les variétés locales de Sorgho les plus appréciées et cultivées par les paysans sont: *Sectaire* (22,85 %) et *Dadoudou* (11,42 %). La seconde catégorie est constituée des variétés: *Viri, Farigawa* et *Salié* tous de pourcentage égale à 8,57 %. Ces trois variétés sont cultivées dans tous les quatre villages. Parmi les variétés vulgarisées par les institutions agricoles, *S-35* et *Zouaye* sont les deux variétés cultivées par les paysans mais à faible échelle. D'après les paysans l'itinéraire technique n'est pas connu, mais aussi le prix d'achat d'un kilogramme de semence est assez élevé. En général, la spéculation Maïs est l'une des céréales la moins cultivée dans la Région de l'Extrême-Nord. Dans la zone d'étude les variétés connues et cultivées par les paysans sont: *le maïs local* de couleur « blanche » et le *Panar*. La variété *Panar* constitue l'une des variétés distribuées aux autorités traditionnelles par les ONG tel que le PIDMA. C'est une variété hybride dont la semence n'est utilisable que pour un cycle de production. La faible fréquence d'utilisation de cette variété qui est de 2,85 % s'explique par l'accession irrégulière de cette variété de semences. *Le maïs local blanc* aussi cultivé à petite échelle dans cette localité constitue ici la meilleure variété locale avec un pourcentage de 5,71 %. Les variétés certifiées de maïs bien que vulgarisées dans cette localité se voient moins adoptées par les paysans. Ceci peut s'expliquer par l'inadaptabilité de cette culture à la texture du sol, toutefois elle reste une culture de case pour la population.

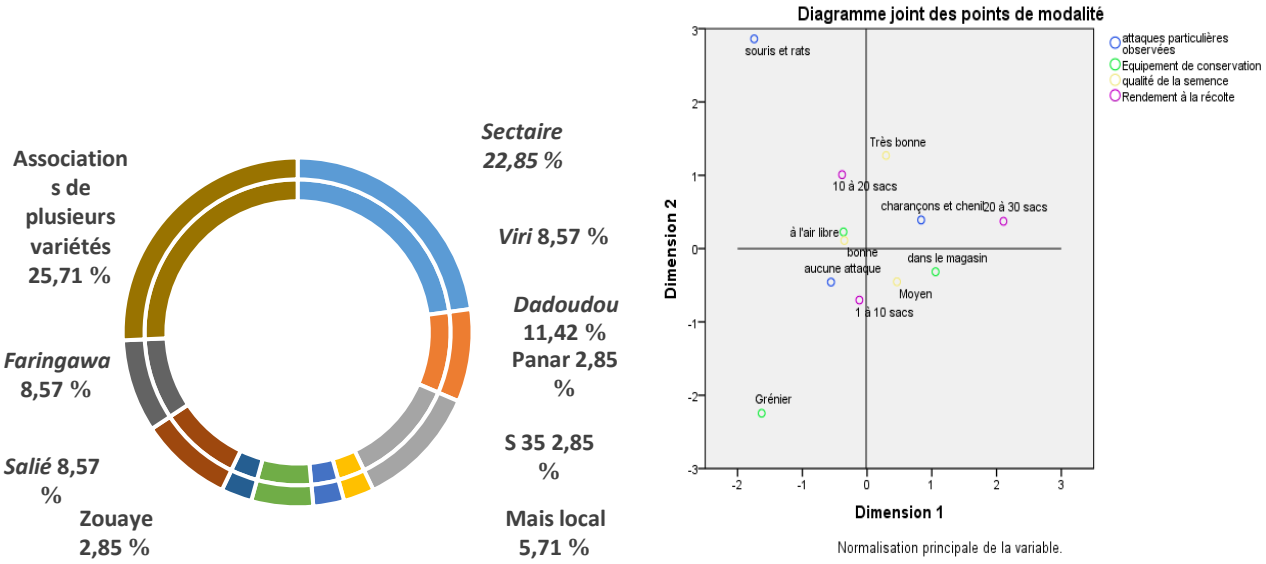


Fig. 2. Proportionnalité de différentes variétés locales cultivées par les paysans, méthode de conservation et l'appréciation de la qualité de la graine

L'analyse des données et l'interprétation des résultats d'enquête a permis d'apprécier les savoirs locaux de conservation et d'identifier les types de structures de conservation utilisées par les paysans. L'accession des semences pour les cultures proviennent à 82,85 % de la sélection massale en champ et certains paysans achètent les semences auprès des institutions agricoles (17,14 %).

D'après le **graphe 3,** pour la plupart des paysans ces semences sont conservées à l'air libre dans les hangars (68,57 %) ou dans des magasins (28,57 %) et rares sont les paysans qui utilisent les greniers (2,85 %). D'après [13], les formes classiques du stockage de grains de la zone sahélienne sont identifiables au Cameroun dans la province de l'Extrême-Nord par les silos en banko, en vannerie, silos-fosses, stockages en petits contenants (greniers intérieurs, superposition de jarres, etc.) et enfin sacs ou fûts métalliques dans les habitations. Dans notre zone d'étude, les paysans utilisent les magasins et les greniers pour conserver les stocks destinés à l'alimentation. Les grains récoltés après avoir été nettoyés et débarrassées de toutes les impuretés, sont conditionnés dans des sacs de 50 kg. A l'intérieur des magasins, ils sont superposés sur des parpins fabriqués en terre battue ou sur des briques. L'utilisation du grenier est peu répandue, ceci est due au fait que leur construction est assez complexe. Le grenier est construit à une hauteur très élevée du sol et requiert une espèce végétale locale mélangée à la terre battue avant la construction. L'espèce végétale *Loudetia togonensis* du nom local moubarrawal, assure la conservation des grains à long terme. Selon les pratiques ancestrales encore maintenues par les paysans, le grenier ne peut être manipulé que par le chef de famille ou son héritier désigné par ce dernier. Les femmes ne sont pas habilitées à manipuler ce type de silos non seulement pour leur hauteur mais aussi pour plusieurs raisons traditionnelles.

La conservation à l'air libre constitue la principale méthode de conservation de semences utilisées par les paysans. Les épis sont accrochés avec les spathes qui constituent une barrière protectrice contre les attaques. Les meilleures panicules de sorgho sélectionnées par les paysans sont aussi conservées dans les hangars avec la poudre des glumes qui constitue un excellent protecteur contre les attaques des insectes. D'après 54,28 % des paysans, la qualité de ces semences conservées reste bonne jusqu'à la prochaine compagne agricole, contre 37,14 % qui affirment que la semence conservée reste de qualité moyenne. Cependant, un faible taux de 8,57 % des paysans affirment obtenir une semence de très bonne qualité après conservation à l'air libre. Une fois réutilisée les paysans obtiennent un bon rendement allant de 1-10 sacs (54,28 %), 10-20 sacs (34,28 %) et 20-30 sacs (8,57 %) de 50 kg pour les meilleures récoltes.

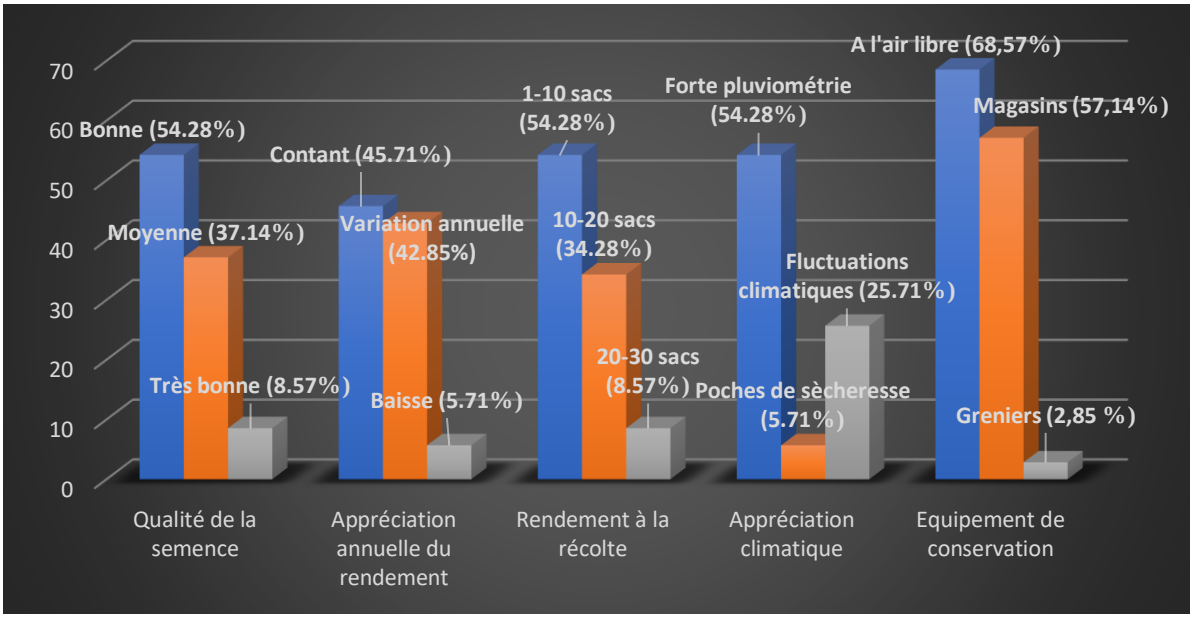


Fig. 3. Caractérisation et types de système de conservation des semences céréalières utilisées par les paysans

3.1.2 CARACTÉRISATION DU SYSTÈME DE PRODUCTION ET DE CONSERVATION LOCALE DES GRAINES

Tout au long du processus de conservation paysanne des céréales, les attaques observées regroupent plus les charançons, chenilles, rats et souris. Des observations identiques ont été faites par [14], qui a démontré que les termites, les insectes et les rongeurs sont les principaux déprédateurs qui causent des dégâts dans les stocks de céréales. De toutes ces attaques observées lors de la conservation, les paysans appliquent des traitements phytosanitaires caractérisés par une large gamme de produits. L'usage de ces produits diffère d'un paysan à l'autre.

La **Figure 4** suivante présente les produits utilisés par les paysans afin de lutter contre et prévenir les infestations des grains. La protection des stocks peut être différente selon qu'il s'agit de réserves de mil et de sorgho, de semences ou de productions sensibles [14]. D'après cet auteur, certaines techniques de conservation traditionnelle sont généralisées: la fumigation pour chasser les termites, charançons, lépidoptères. L'utilisation de plantes insectifuges odoriférantes surtout *Hyptis spicigera,* cette espèce végétale est un répulsif qui manifeste des effets chimiques liés à l'émission de produits volatiles. Sans être létaux, ces derniers agissent sur le prédateur en inhibant ses comportements. D'autres plantes sont utilisées essentiellement par des « spécialistes ». Ces recettes sont assez répandues, mais certaines régions en font un usage plus systématique que d'autres.

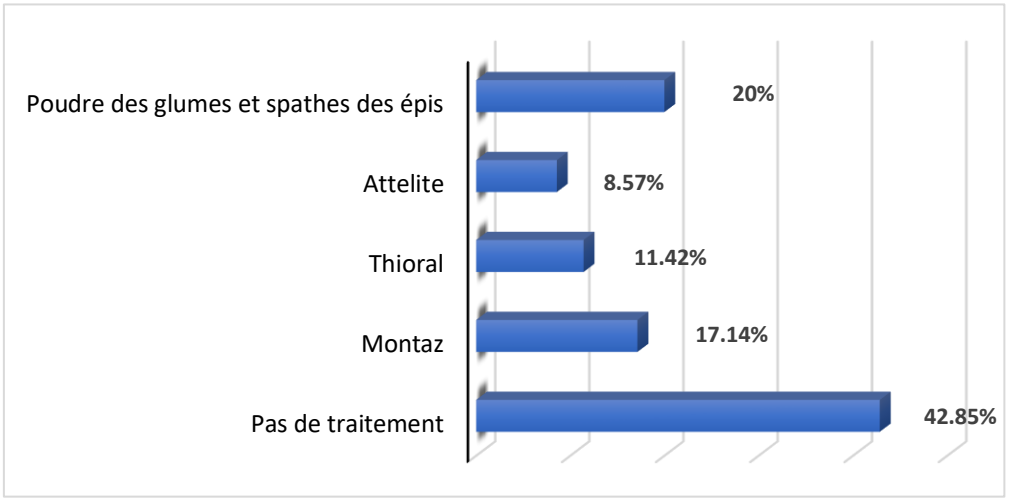


Fig. 4. Caractérisation des traitements appliqués pour la conservation des graines

Une corrélation entre les variables a permis de caractériser le système de production et la stratégie de conservation céréalière locale. De ces corrélations entre les variables considérées dans la représentation **graphe 5** ci-dessous, il ressort que:

- La qualité de la semence est fortement liée à la technique de conservation utilisée: des graines ayant subis les dégâts par des déprédateurs pourraient non seulement perdre leurs propriétés organoleptiques, leurs valeurs nutritives mais aussi certains de leurs caractères agronomiques tels que leur capacité à pouvoir germer après le semis et leur productivité.
- La semence peut être dépourvue de son pouvoir germinatif à la suite d'une infestation par des microorganismes (bactéries, moisissures). Les bactéries lorsqu'elles sont présentes sur les graines, consomment le germe de la graine et la rendant ainsi inactive. Ces micro-organismes déversent des toxines qui décomposent les graines altérant ainsi leur qualité.
- Les semences des paysans sont pour la plupart issue de la sélection massale. Elles sont constituées des meilleures variétés locales cultivées depuis plusieurs années et conservées pour le goût, leur productivité et aussi leur adaptabilité aux conditions climatiques du milieu.
- Le rendement à la récolte dépend de la pratique culturale appliquée par les paysans mais aussi de la superficie de la parcelle cultivée. La corrélation existante entre ces variables est faible ***r=0,53***. De l'enquête réalisée il résulte que les paysans bien que parfois se ressourçant auprès des structures agricoles, ne disposent pas de fiche technique pour leur production. Ils utilisent donc des techniques culturales ancestrales rudimentaires. C'est pourquoi parfois les rendements obtenus à la récolte sont moins satisfaisants variant de 1-10 sacs de 50 kg. Les facteurs tels que le mode de préparation des sols, la fertilisation, les conditions de semis, le démariage, l'entretien des parcelles, le traitement phytosanitaire, le sarclage et le buttage sont des aspects indispensables pour une bonne production agricole. Il faut noter que la profondeur du labour dépend des cultures, se fait sur un terrain humide et pour les apports en fumure il existe un dosage recommandé. Les semences doivent être traités par un fongicide/insecticide homologué et approprié pour la culture. Il faut aussi noter qu'en plus des pratiques culturales inappropriées conduisant à des faibles rendements, le rendement à la récolte dépend de la superficie cultivée. Une parcelle de culture vaste bien entretenue conduit à une production optimale.

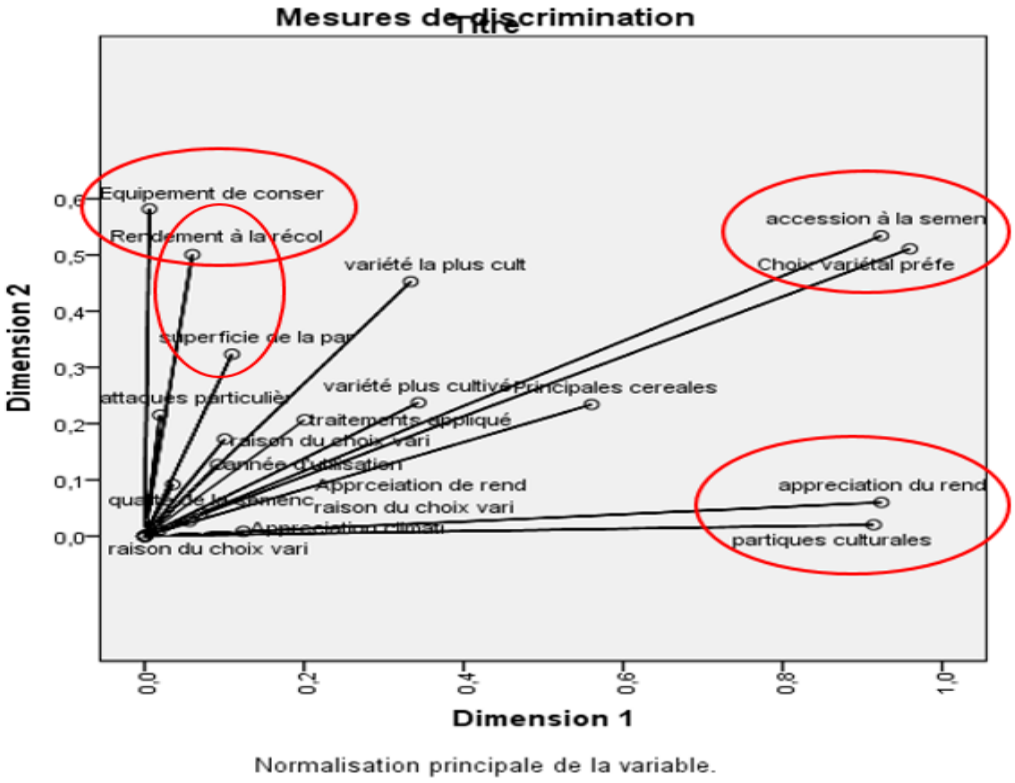


Fig. 5. Corrélations entre les variables caractérisant le système de production et de conservation céréalier local

3.1.3 APPRÉCIATION DE LA QUALITÉ DES GRAINES CONSERVÉES

Les **Figures 6** et **7** présentent les principaux aspects agro-morphologiques que peut avoir une graine, suite à l'effet de plusieurs facteurs biotiques et abiotiques.

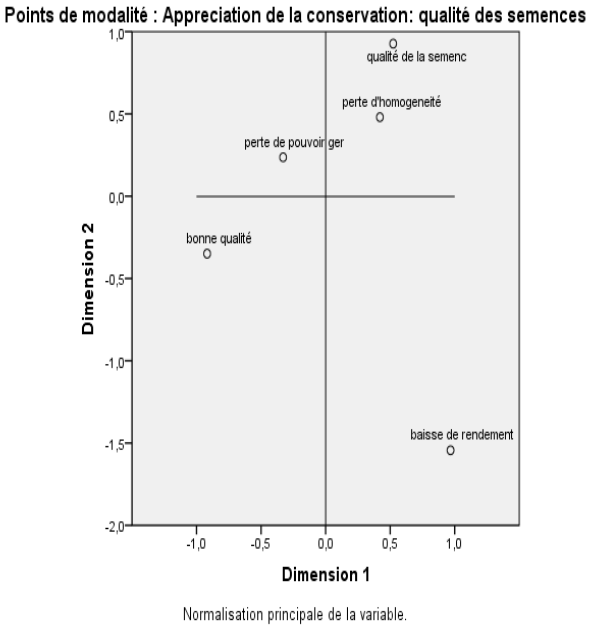


Fig. 6. Caractérisation de l'aspect des graines conservées sous l'effet des facteurs ex-situ et in-situ

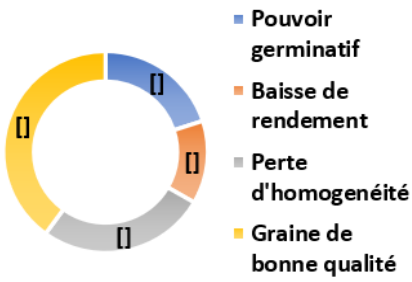


Fig. 7. Répartition des aspects agro-motphologiques des grains sous l'effet des facteurs biotiques et abiotiques

De ces graphes, il ressort que les principaux facteurs de la graine affectés lors du maintien d'une variété sont: le pouvoir germinatif (20 %), les caractères agro-morphologiques (26,66 %) qui induisent une perte d'homogénéité des variétés et le rendement à la récolte (13,33 %). Sur la base de l'enquête menée auprès des sélectionneurs et multiplicateurs, à 59,9 % la qualité de la graine conservée et maintenue subie des altérations liées aux facteurs biotiques et abiotiques environnementaux.

Soumise à certaines contraintes environnementales moins propices, la graine destinée à la production peut être altérée et perdre son pouvoir germinatif, son homogénéité variétale et aussi produire une récolte de faible rendement. Les principales contraintes abiotiques liées à la production des céréales sont entre autres la pluviométrie et le type de sol [15]. Le climat joue un rôle important dans la culture car avec les changements climatiques, les variations pluviométriques nécessitent l'utilisation des variétés à plus ou moins long cycle. Notre zone d'étude fait partie des zones à faible pluviométrie où les variétés précoces ou extra-précoces sont les plus cultivées. Le choix de la parcelle de culture constitue un facteur primordial, car l'azote est l'un des constituants du sol qui augmente le rendement dans presque tous les types de sol et presque toutes les conditions de culture. Le phosphore joue un rôle important dans la nutrition minérale d'une plante. Par conséquent, une production sur des parcelles dont les sols sont pauvres en azote et en phosphore empêche le développement normal de la plante induisant à cet effet un faible rendement à la récolte. Pour ce qui est des contraintes biotiques, les ravageurs constituées des insectes et rongeurs sont des vecteurs de maladies qui déprécient la qualité des graines à travers leur activité de nutrition et de

reproduction pouvant provoquer le manque de levée [15]. Plusieurs mauvaises herbes et plantes parasites parmi lesquelles la plus redoutée est le *Striga* perturbe le développement de la plante et entraine des pertes importantes de rendement. L'inspection des champs et le contrôle des parcelles aux stades de semis et de floraison, montaison permet dont d'assainir les parcelles. Elle consiste à l'élimination des plants malades, des hors-types qui sont de nouvelles espèces développant des caractères autres que la variété à produire perturbant ainsi l'homogénéité des plantes. C'est l'étape d'épuration indispensable et importante, qui consiste au traitement des plantes malades et à l'élimination des espèces envahissantes. Durant le stockage, les insectes occasionnent des pertes importantes en consommant l'albumen et parfois le germe des graines détruisant ainsi le pouvoir germinatif des semences.

3.1.4 Evaluation Des Problèmes De Conservation Et Méthodes De Maintenance De La Qualité De La Graine À Conserver

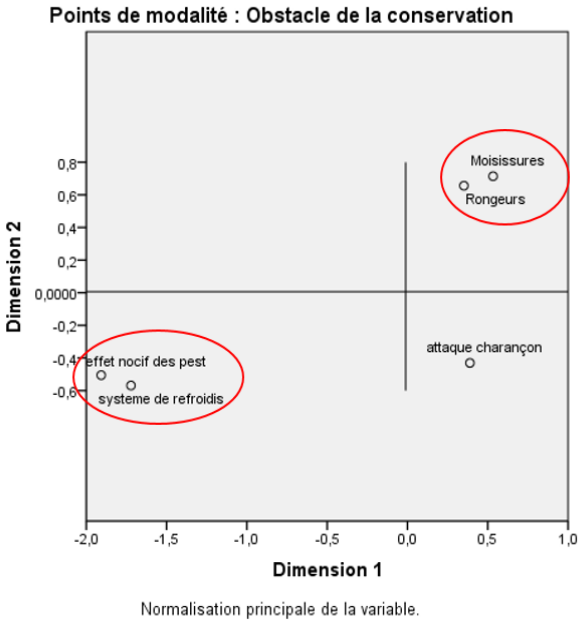


Fig. 8. Caractérisation des obstacles de la chaine de conservation

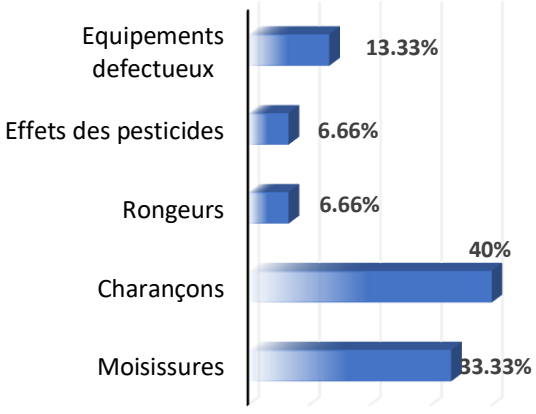


Fig. 9. Répartition des facteurs altérant la qualité des graines

Le diagramme de normalisation de la **Figure 8** et **9** présentent les principales causes de dégradation des céréales. Les principaux prédateurs altérant la qualité de la graine sont constitués des moisissures, des charançons et rongeurs que l'on peut retrouver dans les champs et aussi dans les équipements de conservations. Selon les acteurs de la filière semence institutionnelle, les principaux obstacles de maintien de la qualité des graines sont: les charançons (40 %), les moisissures

(33,33 %) et les rongeurs (6,66 %). Les moisissures et les rongeurs sont opposés de part et d'autre de l'axe de symétrie aux charançons du fait qu'ils ne s'adaptent pas aux mêmes conditions pour leur développement.

Cependant, une étude similaire menée au Burkina Faso portant sur la conservation post-récolte des céréales en zone sud-soudanienne révèle des observations identiques. D'après cette étude, les insectes et les rongeurs constituent les principaux déprédateurs des stocks de céréales [17]. Cette étude conforte les résultats de notre étude, dans le sens où l'auteur affirme que les facteurs physiques tels que l'humidité de la graine, sa teneur en eau et la température ambiante permettent de favoriser la croissance de moisissures. Selon l'enquête menée auprès des conservateurs, la présence de ces prédateurs se justifie par plusieurs facteurs du milieu environnant. Les charançons constituent une classe des insectes ravageurs dont les stocks de céréales sont un endroit idéal pour le développement. Toutefois des conditions extrêmement sèches ne sont pas efficaces contre leurs développements car leur tolérance à la sècheresse est très élevée. Par contre, la croissance des moisissures sur les graines n'est possible que si le taux d'humidité relative à la couche supérieure des graines est à plus de 70 % [8]. L'humidité de la couche supérieure des graines et la teneur en eau de la graine sont deux paramètres favorisant la croissance des moisissures, de même que la température ambiante. Elles sécrètent une sorte de poison qui va altérer le goût et la qualité nutritive des graines. Elles constituent également un vecteur de maladie et de détérioration du pouvoir germinatif des graines. Contrairement aux insectes et aux micro-organismes qui attaquent les denrées alimentaires stockées, les rongeurs attaquent les produits quelques que soient la température et l'humidité contenues dans les céréales et dans l'air.

Comme autres obstacles de la conservation, l'on a pu noter également l'état des équipements de conservation qui dans certains cas sont défaillants. Le système de refroidissement de certaines chambres froides ne sont pas fonctionnels depuis plusieurs années et n'ont pas été réhabilités par manque de moyens financiers. Ceci pourrait perturber la conservation des graines étant donné qu'elles ne sont pas maintenues dans les conditions requises. L'humidité de l'enceinte et la température ambiante se voit modifiées, ce qui pourrait impacter la qualité de la graine favorisant aussi le développement de certains ravageurs tels que les insectes qui sont tolérants à la chaleur. L'humidification du milieu par évapotranspiration des graines va favoriser la croissance des moisissures sur les graines stockées.

3.1.5 CARACTÉRISATION DE QUELQUES FACTEURS DE CONSERVATION DES GRAINES

La **Figure 10** présente les principales étapes de gestion des structures de conservation des graines.

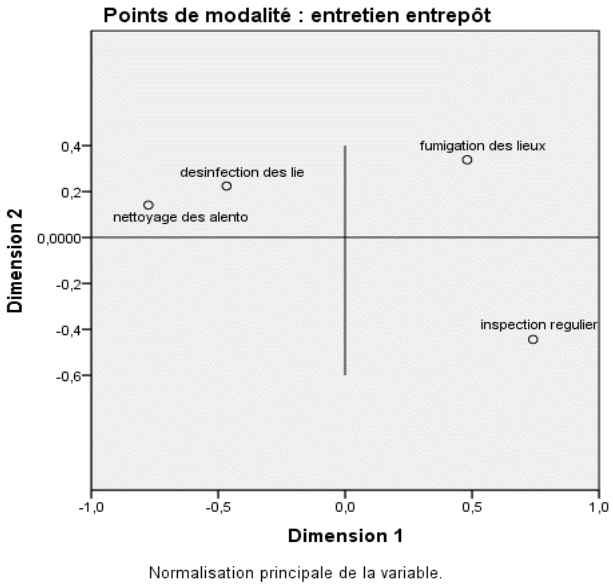


Fig. 10. Appréciation de l'approche de gestion des entrepôts de conservation

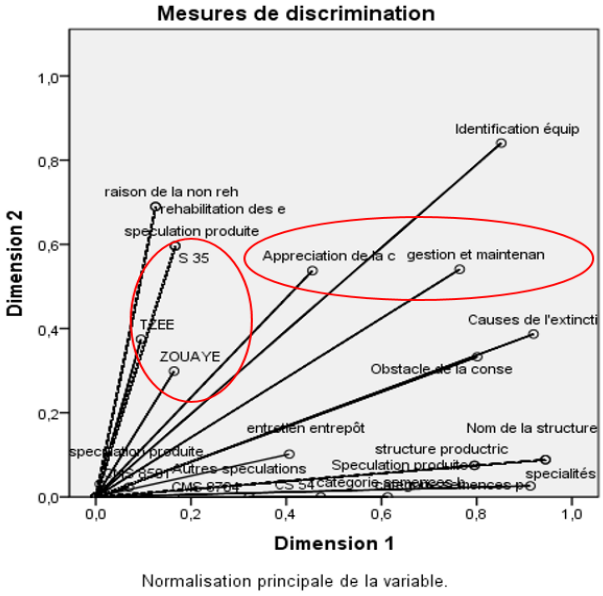


Fig. 11. Corrélations entre les facteurs impliqués dans le système de conservation des graines

De cette **Figure 10,** il ressort de l'enquête et visite réalisée qu'un entrepôt ou magasin propice au stockage des semences répond à un certain nombre de principes fondamentaux de stockage et de conservation des produits respectant les normes et réglementations semencière. L'approche de gestion des entrepôts de conservation peut se résumer en trois étapes principales:

- La préparation du magasin avant l'arrivée des sacs: elle consiste à nettoyer, traiter le magasin, préparer les palettes et enterrer ou bruler les saletés. Lorsque la désinfection phytosanitaire est inefficace, les insectes, les rongeurs et les moisissures se multiplient rapidement;
- La réception des sacs: le magasinier doit préalablement disposer d'une fiche de stock lui permettant de contrôler les sacs à l'arrivée. La disposition des sacs doit se faire selon un type d'empilement précis tout en respectant les intervalles entre les piles, le mur et le plafond. Car les conséquences d'un mauvais empilement peuvent engendrer une perturbation lors du nettoyage, du traitement phytosanitaire ou de l'inspection du magasin;
- L'entretien du magasin pendant le stockage: elle consiste à la fumigation des lieux en appliquant du gaz sous les piles recouvertes d'une bâche et au traitement phytosanitaire par pulvérisation de certains insecticides. Elle prend aussi en compte les phases d'inspections régulières des alentours et des stocks afin de détecter la présence d'infestation. Le magasinier procède à une inspection régulière pour chercher la présence d'insectes et rongeurs. Le contrôle régulier de la qualité des graines se fait par prélèvement des échantillons dans chaque pile à l'aide d'une sonde.

Au vu de ce diagramme de normalisation, de fortes corrélations sont observables entre les variables représentées. L'interprétation et l'analyse graphique de la **Figure 11** permet de déduire que:

- L'appréciation de la qualité des semences est corrélée aux méthodes de conservation et de maintenance mise en place pour maintenir la qualité de la graine. Cela se justifie par l'application des techniques d'isolement des parcelles de cultures, des rotations des parcelles lors de la production des semences qui ont pour but d'éviter une modification génétique de la variété à produire. L'application de ces techniques permet d'éviter toute mutation génétique qui pourrait avoir lieu par un croisement indésirable sous l'action du vent ou des insectes. La déshydratation à un taux de teneur en eau optimal de la graine à conserver, réduit l'humidification de la couche superficielle de cette dernière limitant ainsi une infestation par les micro-organismes des graines. Les limites inférieures moyennes de développement en fonction de l'humidité relative de l'air sont de 90 % pour les bactéries, 85 % pour les levures et 65 % pour les moisissures [15].
- Il en résulte également une corrélation entre les variables entretien de l'entrepôt de conservation et obstacles de conservation. Les principes fondamentaux de stockage et de conservation appliquées pour l'assainissement des structures de conservation ont pour finalité de lutter contre et de prévenir la présence des déprédateurs des stocks. Le nettoyage des alentours, la désinfection et la fumigation des lieux de stockages permet d'éliminer les rongeurs et insectes qui peuvent y séjourner. Un magasin propre, aéré et sec réduit la probabilité de croissance des micro-organismes des graines optimisant ainsi les conditions ambiantes favorables à la conservation des graines. Sans que la liste soit exhaustive, généralement les

céréales infestées présentent cet aspect: présence de déchets des rongeurs, changement de la coloration, les graines qui s'effritent et deviennent farineux, présence d'insectes, présence de larves dans les graines, dépôt de moisissures sur les graines, dégagement d'odeur de fermentation, etc. Lors du contrôle du stock, dès qu'un ou plusieurs de ces éléments sont constatés, cela signifie que le stock est infesté. Il faut donc agir vite pour limiter les dégâts. Pour le traitement des graines en champ et pendant la conservation par les pesticides, il est préconisé de respecter les normes et les réglementations prescrites sur les emballages des produits utilisés.

- De toutes les variétés recensées lors de l'enquête à savoir au total six variétés pour la spéculation maïs (*CMS-9015, CMS-8704, CMS-8501, TZEE-W, CMS-8806* et *EVDT*), deux variétés n'y figurent pas sur le graphe à savoir *CMS-8806* et *EVDT*. Pour la spéculation sorgho des six variétés recensées (*S-35, CS-54, Zouaye, CS-95, CS-61* et *Damougari*), trois variétés sont absentes sur le graphe: *CS-95, CS-61* et *Damougari*. L'ensemble de variétés non représentées peuvent être considérées comme des variétés extinctes. En effet, elles ne sont plus produites par les multiplicateurs de semences mais restent conservées dans les structures. Cela peut être due aux variations climatiques, les longues saisons pluvieuses observées et quelques fois les poches de sécheresse font en sorte que certaines variétés ne puissent pas boucler leur cycle de production. Les indices de [10], calculés pour chacune des variétés confortent également ces résultats car elles sont nulles.

4 CONCLUSION

La présente étude a été menée afin valoriser les méthodes de conservation et de stockage des semences de céréales produites au sein des institutions de recherche agricole dans la Région de l'Extrême-Nord/Cameroun pour une gestion intégrée et durable des ressources phyto-génétiques. En zone Soudano-Sahélienne et plus précis dans la localité de Gazawa, les récoltes de céréales conservées dans des conditions climatiques inadéquates subissent des dégâts causés par des déprédateurs pouvant commencer dans les parcelles de culture ou directement dans les structures de conservation. L'action de ces infestations par les micro-organismes, insectes et rongeurs est accentuée par les conditions climatiques favorables à leur croissance et l'application des méthodes de conservation inappropriées. Tous ces facteurs biotiques et abiotiques associées affectent inévitablement les ressources phyto-génétiques sur la qualité de la graine conservée et la diversité des cultures. Au total 6 variétés de maïs (*CMS-9015, CMS-8806, CMS-8501, CMS-8704, TZEE-W* et *EVDT*) et 6 variétés de sorgho (*CS-54, CS-61, CS-95, Damougari, S-35* et *Zouaye*) sont vulgarisées, maintenues et multipliées à grande échelle par les institutions agricoles dont la Délégation d'Agriculture et du Développement Rural et l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement. Les institutions agricoles disposent de 25 accessions de mil pennicilaire en provenance de l'INERA, ICRISAT et de l'Extrême-Nord, Nord du Cameroun en cours de vulgarisation. Les variétés *EVDT* de maïs et *CS-95, CS-61, Damougari* du sorgho constituent l'ensemble des variétés conservées dans les chambres froides ou fermes agricoles au niveau institutionnel.

REMERCIEMENTS

Authors are grateful Institute of Agricultural Research for Development (IRAD), Multipurpose Station of Agricultural Research of Garoua. Authors acknowledge also the Research Regional Center of Maroua and University of Maroua, for their kind collaboration on the implementation of this present study.

REFERENCES

[1] Agropolis international (2014). Extrait du dossier d'Agropolis international « agricultures familiales: Biodiversité sauvage et cultivée et gestion des ressources naturelles », 64 p.
[2] Dabiré-Binso C. L., Ba M. N. Sanon A. (2008). Module de formation sur les insectes ravageurs du Niébé en culture. 1-9 p.
[3] Fabienne C., Mélanie C.; Marie-Marthe C. (2010). Guide d'introduction au logiciel SPSS: initiations aux méthodes quantitatives, Université de Montréal, 72p.
[4] FAO (2009). Traité mondial pour la sécurité alimentaire et l'agriculture durable: Traité international sur les ressources phyto-génétiques pour l'alimentation et l'agriculture, 1591. Château de Skokloster, Suède, copyright@fao.org, 1-68p.
[5] FAO (2010). « Commission des ressources génétiques pour l'alimentation et l'agriculture: ne pas les utiliser, c'est les perdre », www.fao.org/nr/cgrfa, cgrfa@fao.org, 1-10 p.
[6] Genest C., Traoré A et Bamba P. (1990). Guide Pratique de Protection des Grains Entreposés au Burkina Faso, 105p.
[7] Guèye M. T., Seck D., Wathelet J. P et Lognay G. (2011). Lutte contre les ravageurs des stocks de céréales et de légumineuses au Sénégal et en Afrique occidentale: synthèse bibliographique. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*; 15 (1): 183-194 p.
[8] Inge de Groot (2004). Agrodok 18: Protection des céréales et des légumineuses stockées, © Fondation Agromisa, Wageningen, 2ère édition 2004, 1-74p.

[9] INS (2017). Annuaire statistique du Cameroun « Chapitre 13: Agriculture », 184-207p.
[10] Lance C. E., Lapointe J. A., Stewart A. M. (1994). A test of the context dependency of three causal models of halo rater error. *Journal of Applied Psychology,* 79,332-340 pp.
[11] MINADER (2018). « Catalogue Officiel des espèces et variétés végétales du Cameroun » Catalogue zéro, Juin 2018, 297p.
[12] PAM/PNSA (2016). Evaluation conjointe de la sécurité alimentaire dans les régions de l'Est, Adamaoua, Nord et Extrême-Nord du Cameroun: données collectées du 13 au 24 septembre, WFP.org/fr, 1-38p.
[13] Seignobos C. (2008). La question mbororo. HCR-Scac, rapport.
[14] Seignobos C., O Iyebi Mandjek (2000). Atlas de la province de l'Extrême-Nord du Cameroun: stratégies de conservation du grain 107-110, Édition IRD-MINRESTINC, Paris, 1-172 p.
[15] Somda K. B. M. (2016). Problématique de conservation post-récolte du maïs dans les hauts-bassins, Université technique de Bobo Dioulassou; 1-77p.
[16] Vilatte J. C. (2007). Méthodologie de l'enquête par questionnaire, Laboratoire Culture & Communication Université d'Avignon, Formation « Evaluation », février 2007 à Grisolles 1,1-56p.
[17] Waongo A., Yamkoulga M., Dabiré-Binso C. L., Ba M. N., Sanon A. (2013). Conservation post-récolte des céréales en zone sud-soudanienne du Burkina Faso: Perception paysanne et évaluation des stocks, in, http://ajol.info/index.php/ijbcs; *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7 (3): 1157-1167p.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 4 Jun. 2023, pp. 1584-1600
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Effets environnementaux liés à l'installation des réfugiés dans le Niger oriental (région de Diffa)

[Environmental effects related to the settlement of refugees in eastern Niger (Diffa region)]

Oumarou Ibrahim[1], Souley Kabirou[2], Abdou Bagna Amadou[3], and Yamba Boubacar[1]

[1]Département de Géographie, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines, Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger

[2]Département de Géographie, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines, Université de Zinder, Niger

[3]Département de Géographie, Ecole Normale Supérieure, Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger

Copyright © 2023 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 Diffa region is located in the far east of Niger and occupies 12.4% of the country's total land area where agriculture, livestock, and fishing remain the main activities of the people living there. As of February 2015, the region hosted more than 24,000 uprooted people, including Nigerien refugees, internally displaced persons in Niger, and Nigerien returnees who were previously living in Nigeria (UNHCR, 2021). The settlement of refugees not only has impacts on the environment but also on economic and social activities. This paper aims to analyze the environmental and socio-economic impacts of refugee activities in and around the camps (Diffa urban commune, Boudouri, Maina Kaderi, and Sayam forage). In order to analyze the impacts (identification, mapping, and observation of impacts in the field), three (3) approaches are used in this work. Surveys, field observations, and GIS and remote sensing analysis. The results show that refugee activities can have impacts on the environment but over the long term (10 to 15 years). Some effects related to soil degradation, destruction of vegetation, and pollution of water resources (quantity and quality) are observed in and around the sites in only 3 years of presence (GIS, remote sensing and field observation). At all sites, a decrease in fallow land, an increase in bare soil, and an increase in human settlements have been observed, signs that can have consequences on the environment. The accumulation of household waste that prevents the proper infiltration of rainwater into the soil and whose runoff carries away essential elements. As for mitigation measures, a strict application of laws and regulations on environmental protection is required.

KEYWORDS: Niger, Diffa, refugee, environmental effects.

RESUME: La région de Diffa est située à l'extrême Est du Niger et occupe 12.4% de la superficie totale du pays ou l'agriculture, l'élevage, et la pèche demeurent les principales activités des populations qui y vivent. Depuis février 2015, la région accueillait plus de 241000 personnes déracinées, y compris des réfugiés nigérians, des personnes déplacées internes au Niger et des ressortissants nigériens de retour qui vivaient auparavant au Nigeria (UNHCR, 2021). L'installation des réfugiés a certes des impacts sur l'environnement mais aussi sur les activités économiques et sociales. Cet article a pour objectif d'analyser les impacts environnementaux et socio-économiques engendrés par les activités des réfugiés dans les camps (commune urbaine de Diffa, Boudouri, Maina Kaderi, et Sayam forage) et alentours. Dans l'optique d'analyser les impacts (Identification, cartographie et observation des impacts sur le terrain), trois (3) approches sont utilisées dans le cadre de ce travail. Les enquêtes, les observations sur le terrain, et l'analyse par le SIG et télédétection. Il ressort que les activités des réfugiés peuvent avoir des impacts sur l'environnement mais à long terme (10 à 15 ans). Quelques effets liés à la dégradation des sols, à la destruction de la végétation, et à la pollution des ressources en eau (quantité et qualité) sont observés dans les sites et alentours en seulement 3 ans de présence (SIG, télédétection et observation du terrain). Au niveau de tous les sites, on a

Corresponding Author: Oumarou Ibrahim

observé une diminution de la jachère, une augmentation des sols nus, une augmentation d'habitations humaines, signes qui peuvent avoir des conséquences sur l'environnement. L'accumulation des déchets ménagers qui empêchent une bonne infiltration des eaux des pluies dans les sols et dont le ruissellement emporte les éléments essentiels. Quant aux mesures d'atténuation, une application stricte des lois et règlements sur la protection de l'environnement s'impose.

MOTS-CLEFS: Niger, Diffa, refugiés, effets environnementaux.

1 INTRODUCTION

Entre 1960 et 2005 des conflits armés inter étatiques ont fait environ 6.6 millions de morts dans le monde. En juin 2013, l'ONU a publié ses dernières statistiques relevant que le nombre de personnes déracinés de leurs foyers par les conflits s'élevaient à 452 millions, notamment en Afrique ou leur prise en charge n'est pas une priorité pour les pays d'accueil ([1]). La vulnérabilité géographique, l'immensité du territoire, les richesses naturelles et minières abondantes ont fait de l'Afrique un terrain plus favorable à la production des réfugiés que tout autre continent de la planète. A l'instar des autres régions du continent, l'Afrique de l'Ouest compte environ 884.000 personnes (Rapport global UNHCR, 2012). Au Niger, les foyers humanitaires sont à l'Ouest du pays avec le conflit du Nord Mali, où une importante communauté des réfugiés s'est installée à Mangaizé (Tillabéri), au Nord sévit une crise migratoire née du conflit libyen, des migrants retournés de la Libye se sont aussi installés à Agadez et à l'Est dans la région de Diffa, les exactions liées des attaques djihadistes depuis 10 ans ont engendré la naissance une centaine de camps de réfugiés. Cette étude qui concerne les impacts environnementaux liés à l'installation des réfugiés a suscité une attention très particulière de la part de la communauté internationale car étant la plus importante en termes d'effectifs des réfugiés qui y vivent.

Ainsi 99 sites de réfugiés ont été recensés dans la région de Diffa. Les réfugiés peuvent autant être un « fardeau » qu'une valeur ajoutée pour leurs hôtes. Déshérités ils ont besoin d'assistance sur leur site d'installation (habitats, nourritures, eau, santé éducation et protection). Cet article intitulé effets environnementaux liés à la présence de réfugiés dans la région de Diffa se veut donc une contribution à la mise en lumière des effets néfastes des concentrations rapides des populations sur les écosystèmes. L'objectif de cette étude est d'analyser les effets environnementaux et socio-économiques liés à l'installation des réfugiés de conflits dans la région de Diffa.

2 DONNÉES ET MÉTHODES

La démarche méthodologique repose sur un processus à plusieurs paliers. Il s'agit du choix des sites, l'analyse documentaire, la collecte de données sur le terrain à travers l'administration d'un questionnaire. Le questionnaire a porté essentiellement sur les impacts socio-économiques des activités des réfugiés sur le milieu biophysique (terre, ressources en eau, végétation). Ainsi, le critère de choix des sites d'enquêtes est fondé sur le critère comme le nombre de réfugiés sur le site, l'accessibilité et la sécurité. L'enquête de terrain a concerné un échantillon de 302 ménages repartis entre les villages de Boudouri, Maina Kadari et Sayam forage. La taille de l'échantillon a été déterminée à partir de la formule de Le Maux (2008):

$$n=\frac{t^2\times p(1-pi)}{e^2} \text{ (Eq. 1)}$$

Où n représente la taille d'échantillon requise, t = 1,96 la valeur de la variable aléatoire normale pour un risque α égal à 0,05, pi la proportion estimative de la population présentant la caractéristique étudiée (75%), et e la marge d'erreur traditionnellement fixée à 0,05. Enfin, les travaux cartographiques, ont servi à l'étude diachronique pour mette en exergue les changements intervenus sur les sites à partir d'une période de référence. Pour cela, des images Landsat-8/LDCM ont été utilisées.

3 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La région de Diffa est située à l'extrême Est du Niger et est comprise entre 10° 30' et 15°35' de longitude Est, 13°04' et 18°00' de latitude Nord. Elle est limitée à l'Est par la république du Tchad, à l'Ouest par la région de Zinder, au Nord par la région d'Agadez, au sud par la république fédérale du Nigeria. Elle couvre une superficie de 156906 $Km^{2,}$ soit 12,4% de la superficie totale du pays qui est estimée à 1.267.000 Km^2 (figure 1).

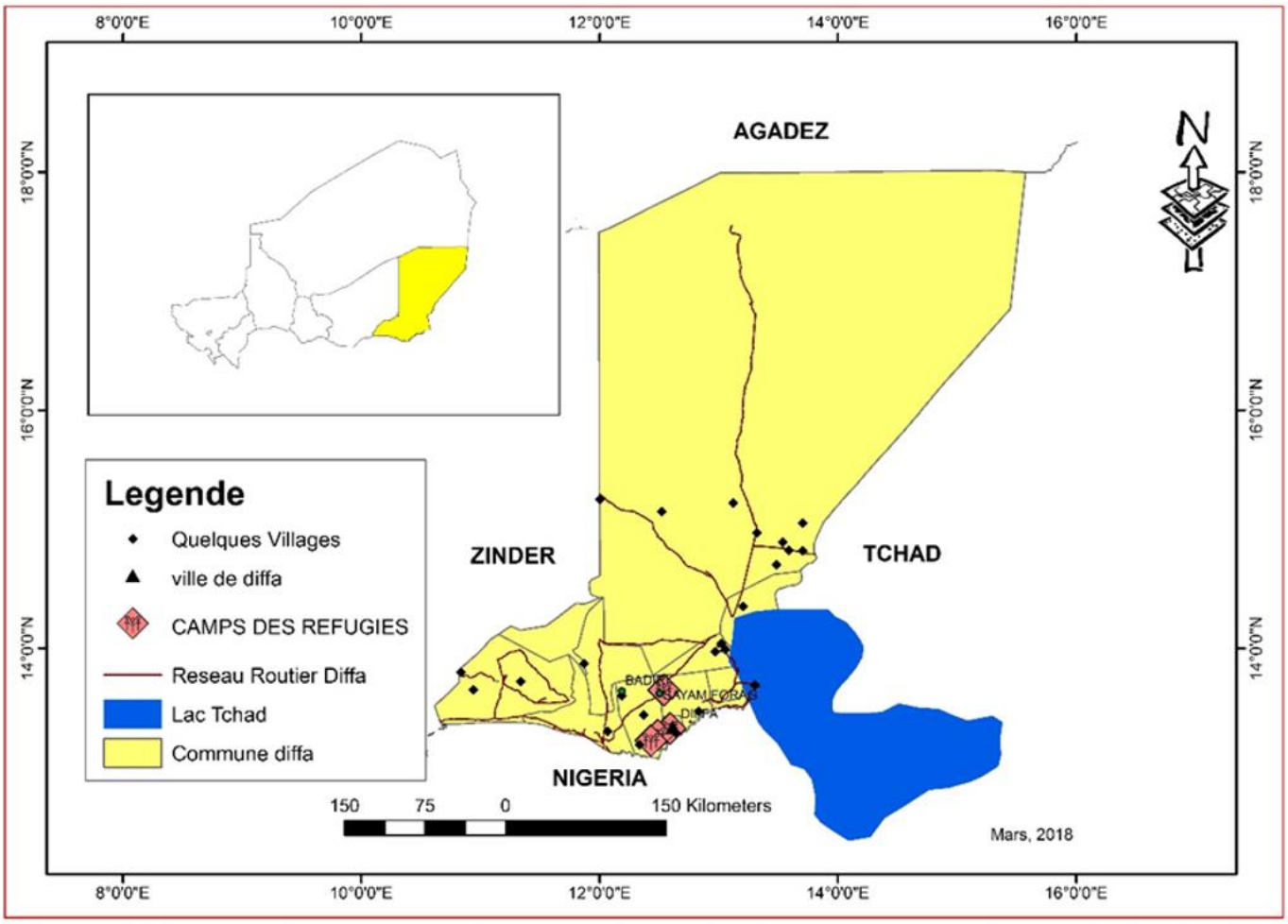


Fig. 1. Localisation de la zone d'étude et des camps des réfugiés visités

4 RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

4.1 ACTIVITÉS SOCIO-ÉCONOMIQUES DES RÉFUGIÉS

Pour mieux connaître les activités socio-économiques des réfugiés et leur impact sur la région, une enquête au niveau de quatre sites de réfugiés (commune urbaine de Diffa, Boudouri, Sayam forage, et Maina Kaderi) a été effectuée et l'échantillon est constitué de 71,9% d'hommes et 21,1% de femmes. 90 % de la population enquêtée sont des hommes mariés *(Enquête terrain, 2021)* et la tranche d'Age est entre 15 à 70 ans (Enquête terrain, 2021). La population des réfugiés est composée de plusieurs groupes ethnolinguistiques qui sont: les kanouri, les Haoussa, les Peul, les Toubou et les Boudouma. Les principales activités socio-économiques sont l'agriculture, l'élevage, le commerce, la pêche, et l'artisanat. Le système de production repose sur les cultures pluviales (mil, sorgho, maïs, et le niébé) et irriguées (poivron, oignon, riz, blé et orge). Mais, avec la mise en place des camps de réfugiés, des terres auparavant utilisées comme en jachère ont été octroyées aux réfugiés pour produire du mil, du sorgho ou du maïs. Ainsi, des vastes superficies ont été déboisées et transformer en champs ou pépinières (Photo 1). Aussi, les enquêtes de terrain révèlent que les réfugiés pratiquent aussi l'embouche à 53% (Photo 2).

Aussi, le commerce est très développé dans la région de Diffa à cause de la frontière avec le Nigeria ou les échanges sont très fructueux c'est le cas du marché du Maina Kaderi qui est un marché très pratiqué par les Nigérians. La « Naira", devise du Nigeria est la monnaie dominante dans les échanges. Au grand marché de la commune urbaine de Diffa la Naira est la monnaie par excellence pour les échanges. Certains réfugiés qui sont en dehors des camps se sont convertis en commerçant (vente du bois, des friandises, des produits artisanaux etc.).

A cause de l'installation des réfugiés, le commerce s'est développé et les commandes des ONG en vivres, couvertures et autres matériels se font au marché de la commune de Diffa, ce qui fait que les commerçants se frottent les mains. Aussi, à cause des expatriés et les nigériens travaillant pour les ONG une nouvelle classe des gens consommatrices des biens et services

s'est développée. Cette situation a engendré le relèvement du niveau de vie de la population s'est amélioré au détriment du plus grand nombre que sont les fonctionnaires et la population locale. Bien qu'en petit nombre en termes de pourcentage (16,6%), les réfugiés exercent des activités génératrices de revenus, même si pour la plupart ils bénéficient de l'assistance de l'Etat et des organisations humanitaires *(Source: Enquête terrain, 2021).*

Photo 1. Plants destinés aux réfugiés de feuilles Faidherbia albida à Diffa

Photo 2. Troupeau d'éleveur utilisant les Boudouri

Clichés: Ibrahim Oumarou, 2021

4.2 Effets Environnementaux Liés À La Dynamique D'occupation Des Sols

4.2.1 A L'échelle De La Commune De Diffa

De l'analyse d'occupations des sols (figure 2), il ressort les constats suivants: Une augmentation des cultures irriguées à partir de 2013, des habitations humaines en 2018, des plans d'eau en 2018, de la végétation en 2018 dû certainement à des efforts de récupération des sols. Une diminution considérable de la jachère en 2018, de la végétation en 2018. Diminution des zones de cultures pluviales en 2018 remplacées par des habitations humaines.

En termes de proportions, les habitations humaines qui représentaient 2,33% des superficies (325,21 Ha) en 2008 sont passées à 2,687% (375,623Ha) en 2013 soit une augmentation de 0,357%. En 2018 elles sont passées à 6,45% (902,09 Ha) soit une augmentation de 3.763% entre 2013 et 2018. La jachère qui représentait 8,84% (1235,36 Ha) en 2008 est passée à 1, 943% (271,596 Ha) en 2013 pour attendre 0,22% (30,11 Ha) en 2018. Les sols nus qui représentaient 0,47% (65,44 Ha) en 2008 sont passés à 0.53% (74,129 Ha) en 2013 pour atteindre 2,08% (290,29 Ha) en 2018. L'augmentation des habitations humaines est liée à la régression de la jachère (espace qui a servi à la construction des habitats ou à des cultures de subsistance). L'augmentation croissante des sols nus est liée à la dégradation de la végétation entre 2008 et 2018. Certains phénomènes de dégradation des sols ne sont pas visibles à l'échelle de la commune (grande échelle), et l'analyse à l'échelle du site serait plus adaptée pour mieux observer les effets de la dégradation de l'environnement par les réfugiés.

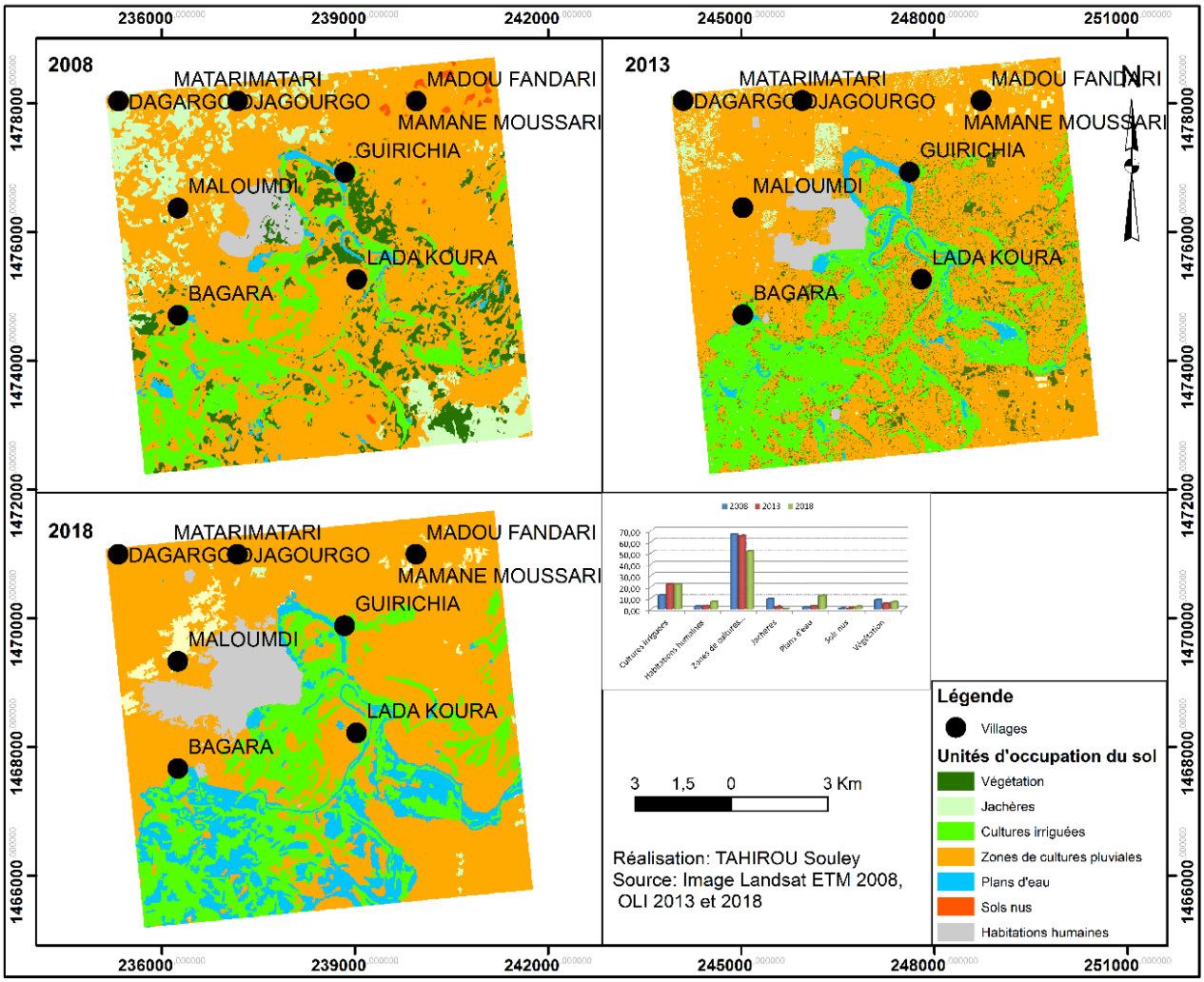


Fig. 2. Occupation des sols de la commune de Diffa en 2008, 2013 et 2018)

4.2.2 A L'ÉCHELLE DU SITE SITUÉ DANS LA COMMUNE DE DIFFA

Le croisement des résultats des années 2015 et 2018 montre la dynamique d'évolution des ressources naturelles dans la commune urbaine de Diffa. Avec 2015 année de référence (année ou la première vague des réfugiés est arrivée à Diffa (Figure 3). De l'analyse des unités d'occupation des sols, il en ressort les constats suivants: Une augmentation de la steppe entre 2015 et 2018 (auréole de 5 km), des habitations humaines entre 2015 et 2018 (au niveau des deux auréoles), des cultures irriguées entre 2015 et 2018 (auréole 5 et 10 km). Une apparition des sols nus (auréole de 5 km) et une disparition de la jachère (auréole de 5 km).L'apparition des sols nus et la disparition de la jachère s'observe seulement au niveau de l'auréole de 5 km, par contre on observe un dédoublement des sols nus à l'auréole de 10 km (plus le diamètre est grand plus certains phénomènes ne s'observent pas au niveau des sols).

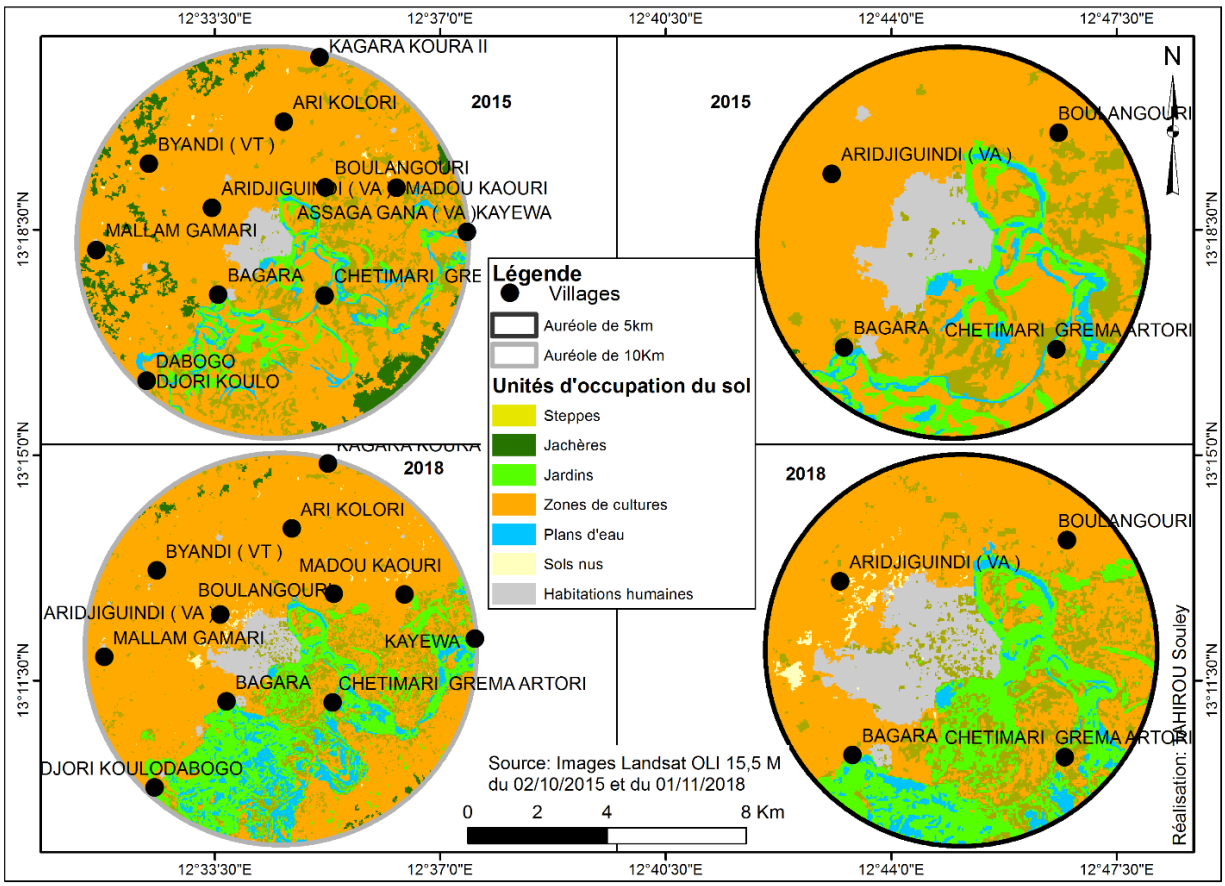


Fig. 3. Carte d'occupation des sols de la commune de Diffa (2015 et 2018) (auréole de 5 et 10 km de rayon)

Les habitations humaines qui représentaient 9.16% des superficies (722,04 Ha) en 2015 sont passées à 11,25% (886,36 Ha) en 2018 sur un rayon de cinq (5) kilomètres lorsque celui-ci augmente de 5 km soit une auréole de 10 km on observe également une augmentation de la proportion des habitations humaines (plus la superficie diminue plus la densité des habitations augmente). La même situation s'observe avec la disparition de la jachère et l'apparition des sols nus entre 2015 et 2018 (auréole de 5 km), de même l'observation sur une auréole de 10 km montre une diminution très prononcée de la jachère qui passe de 5,94% (1874.3 Ha) en 2015 à 0,54% (171,8 Ha) en 2018 et un dédoublement de la proportion des sols nus qui passe de 0,18% (57,9 Ha) en 2015 à 0,39% (123,5 Ha) en 2018 (Tableau 1 et 2). La population est un paramètre important dans la dynamique d'occupation des sols; c'est d' ailleurs elle qui joue sur le changement d'usage des sols. A la population de la commune urbaine de Diffa se sont ajoutés 3235 ménages dont 1359 réfugiés 815 retournés et 1061 déplacés internes (DRECM/R, 2017) et ils doivent partager avec la population locale les ressources naturelles renouvelables (eau, sol, végétation). L'aide alimentaire qu'ils perçoivent ne suffit pas à couvrir leurs besoins et le bois est la ressource naturelle par excellence qu'ils utilisent dans leurs activités (habitations, vente, bois de chauffe, cuisson des aliments, pâturage) (Photo 3).

Photo 3. Utilisation du bois pour la confection des Abris (source UNHCR, 2021)

Clichés: Ibrahim Oumarou, 2021

La diminution de la jachère s'explique soit par une augmentation des habitations liées à l'arrivée des réfugiés, retournés et déplacés internes soit par une augmentation des zones de cultures irriguées confirmée par les superficies utilisées; 9,56% (753,40 Ha) en 2015 qui passe à 19,52% (1538,57 Ha) en 2018 (auréole de 5 km) soit une augmentation de 9% (même constat pour l'augmentation des zones des cultures irriguées pour auréole de 10 km). L'augmentation des plans d'eau qui est 2,82% en 2015 passe à 5,39% en 2018 soit une augmentation 2,57% sur une auréole de 10 km est du certainement au ruissellement des eaux des pluies qui formes ces plans d'eau car les sols sont dénudés. La diminution des zones de cultures de 15,16% entre 2015 et 2018 (auréole de 5 km) et 6,81% de la même période (auréole de 10 km) ainsi que la diminution de la jachère s'expliquent soit par l'augmentation des nombres d'habitations humaines car beaucoup de camps de réfugiés ont été installés dans les champs de la population locale ou soit par épuisement des sols devenus impropres aux cultures (apparition des sols nus).

4.2.3 A L'ÉCHELLE DU VILLAGE DE BOUDOURI

L'évolution des unités d'occupation des sols se caractérise dans le village de boudouri par une augmentation d'habitations humaines, des cultures pluviales et des sols nus entre 2013 et 2018. Une augmentation progressive des sols nus entre 2008 et 2018 et une diminution conséquente de la jachère 2013 et 2018. (Figure 4). La jachère qui représentait 37,35% (568,14 Ha) des superficies en 2008 passe à 27,30% (415,26 Ha) en 2013 puis à 16,04% (244, 023 Ha) ce qui représente une diminution de 11,25% entre 2013 et 2018. Cette régression de la jachère s'explique soit par une augmentation des zones de cultures pluviales 71,74% en 2013 et 82,24 % en 2018, soit par une augmentation des habitations humaines qui était de 0,58% en 2013 à 0.8% en 2018. L'augmentation des habitations dans le village de Boudouri est liée à l'implantation d'un camp de réfugiés (2535 ménages se sont ajoutés à la population locale (DRECM/R)). L'augmentation des zones de cultures pluviales et la diminution de la jachère visent l'intégration et l'autonomisation des réfugiés de conflits, retournés et déplacés internes en leur attribuant des lopins de terre. Pour mieux comprendre la situation environnementale, observons la situation avec les auréoles de 5 km et 10 km à l'échelle du site de Boudouri.

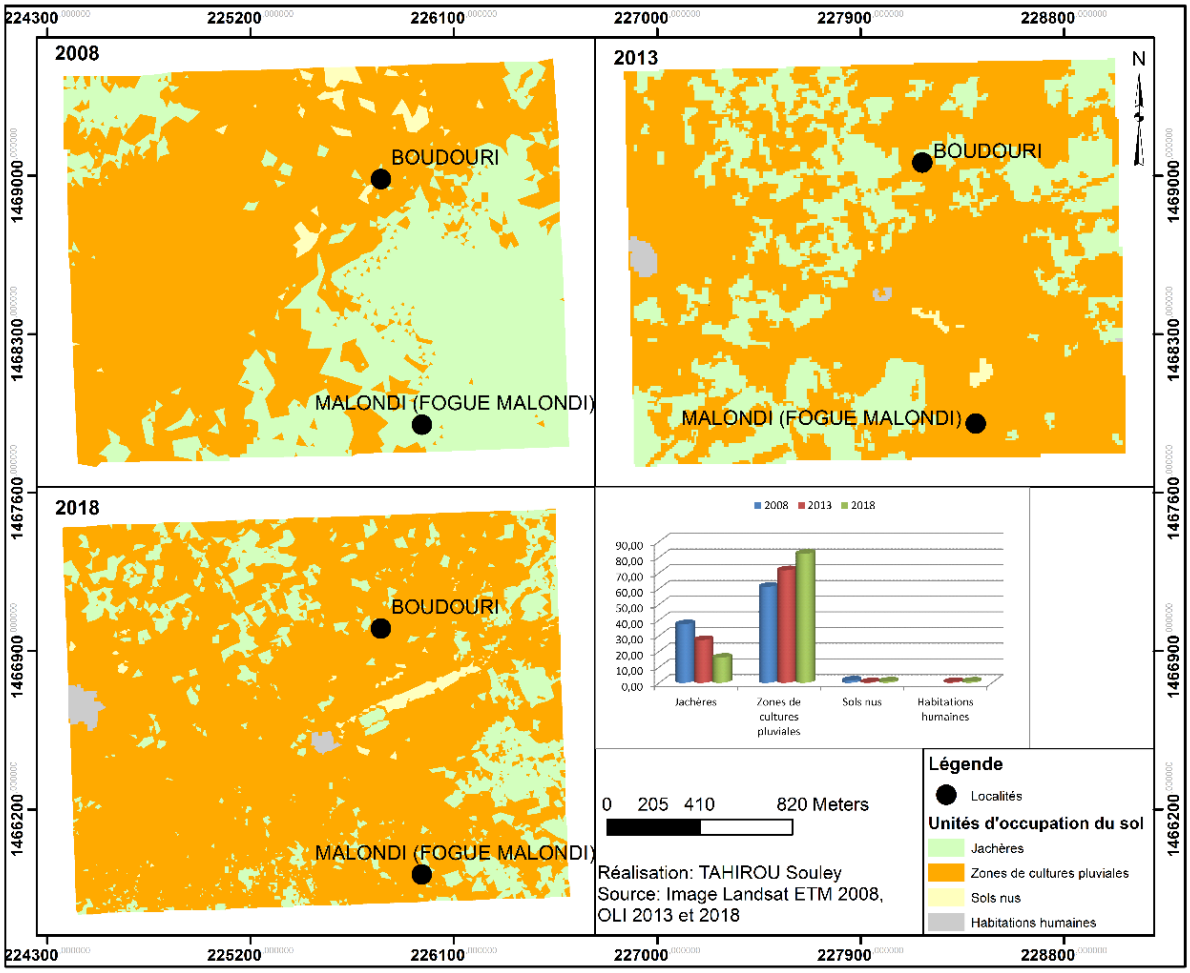


Fig. 4. Occupation des sols du village de Boudouri en 2008, 2013 et 2018

4.2.4 A L'ÉCHELLE DU SITE DANS LE VILLAGE DE BOUDOURI

L'évolution des unités d'occupation des sols se caractérise par la Figure 5. Une augmentation des sols nus (auréole de 10 km), des zones de cultures (auréole de 5 km et auréole de 10 km), d'habitations humaines (auréoles de 5 et 10 km) des cultures irriguées (auréole de 10 km) et des plans d'eau (auréole de 10 km) entre 2015 et 2018. Diminution de la jachère aussi bien au niveau de l'auréole de 5 km que de l'auréole de 10 km.

Dans le village de Boudouri, la jachère qui représentait 40,501% (3192,792 Ha) des superficies en 2015 passaient 26,23% (2067,70 Ha) en 2018 (auréole de 5 km) puis de 34,44% (10860 Ha) en 2015 à 22,64% (7139,2 Ha) en 2018 (auréole de 10 km) ce qui représente une diminution de 14,271% entre 2015 et 2018 (auréole de 5 km) et de 11,8% entre 2015 et 2018 (auréole de 10 km). Cette régression de la jachère s'explique soit par une augmentation des zones de cultures 57,369% en 2015 à 72, 52 % en 2018 (auréole de 5 km) et de 59,17% en 2015 à 66.18% en 2018 (auréole de 10 km), soit par une augmentation des habitations humaines qui est passé à 0,22% en 2018 (auréole 5 km) et de 0,07% (22,9 Ha) à 0,37% soit 117,7 Ha en 2018 (auréole de 10 km). (Tableau 1). A l'auréole de 10 km, on constate une augmentation des zones de cultures irriguées et des plans d'eau respectivement de 3,14% (990,6 Ha) en 2015 à 5,53% (1744,5 Ha) en 2018 soit une augmentation de 2,39% et de 0,86% (272,6 Ha) à 1,82% (572,5 Ha) entre 2015 et 2018 soit une augmentation de 0, 96%. (Tableau 1 et 2). L'augmentation des habitations dans le village de Boudouri est liée à l'implantation d'un camp de réfugiés.

L'augmentation des zones de cultures irriguées et la diminution de la jachère visent l'intégration et l'autonomisation des réfugiés de conflits, retournés et déplacés internes en leur attribuant des lopins de terre.

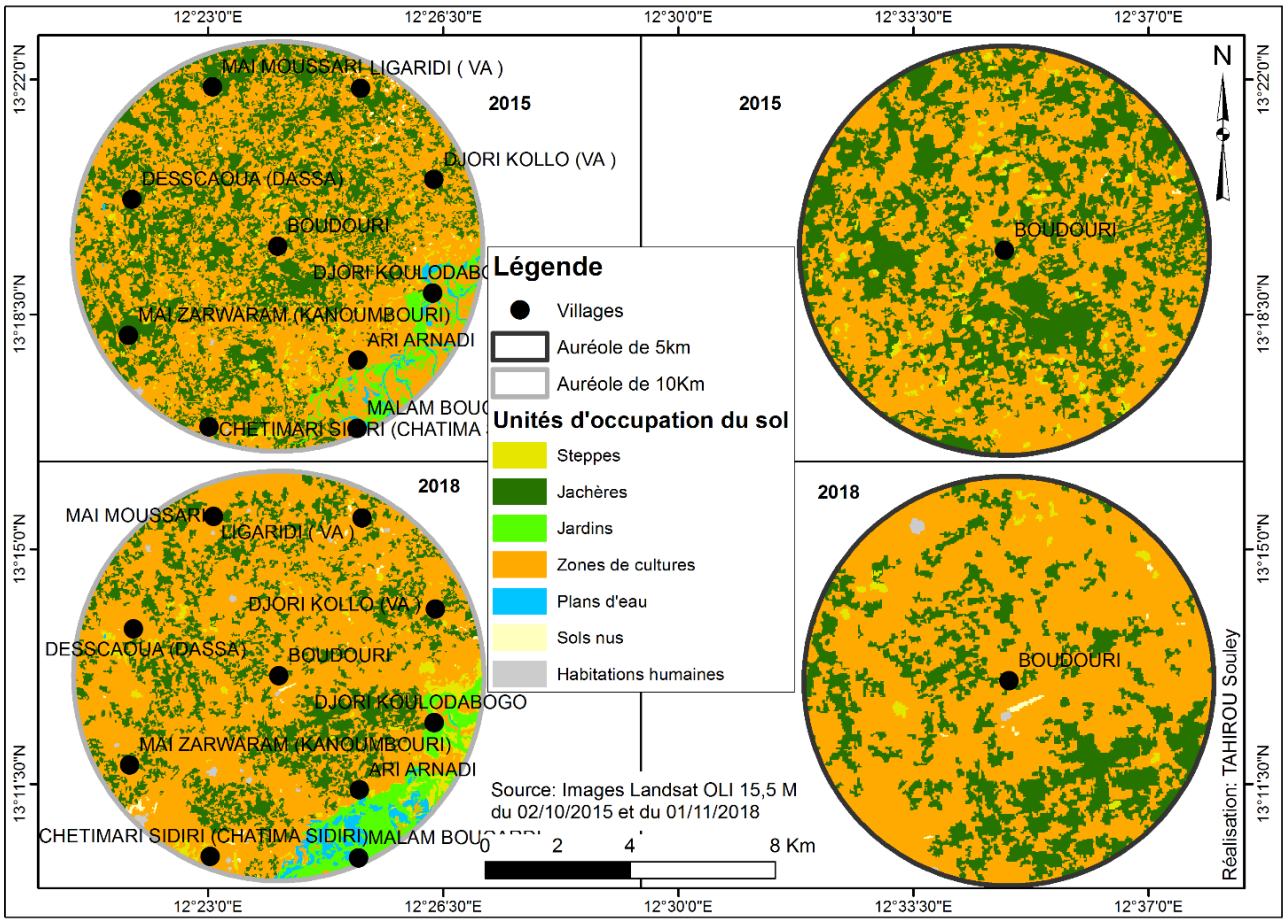


Fig. 5. Occupation des sols du village de Boudouri en 2015 et 2018 (Auréole de 5 et 10 km)

4.2.5 A L'ÉCHELLE DU VILLAGE DE MAINA KADERI

La cartographie du village de Maina Kaderi présente des zones de cultures fruitières et pluviales qui sont en constante augmentation. (Figure 6). La zone de culture fruitière passait de 2,61% (422,51 Ha) en 2008 à 2,37% (383,63 Ha) en 2013 et 4,58% (742,028 Ha) en 2018.soit une augmentation de 2,21% entre 2013 et 2018. La zone des cultures pluviales passait de 20,6% (422,51 Ha) en 2008 à 26,11% (4233,98 Ha) en 2013 et 41,45% (6721,82597 Ha) en 2018 soit une augmentation de 15,34% entre 2013 et 2018. Ce résultat peut s'expliqué par l'implication des réfugiés dans le développement de la localité et aussi par l'existence d'un marché important dans la localité car le jour du marché les commerçants du Nigeria viennent étaler leurs produits. La régression des sols nus 5,6% (908,83 Ha) en 2013 à 4,22% (684,08109 Ha) en 2018 soit une diminution de 1,38% va dans la dynamique de l'augmentation des zones des cultures (récupération des terres dégradées) et la diminution de la jachère.

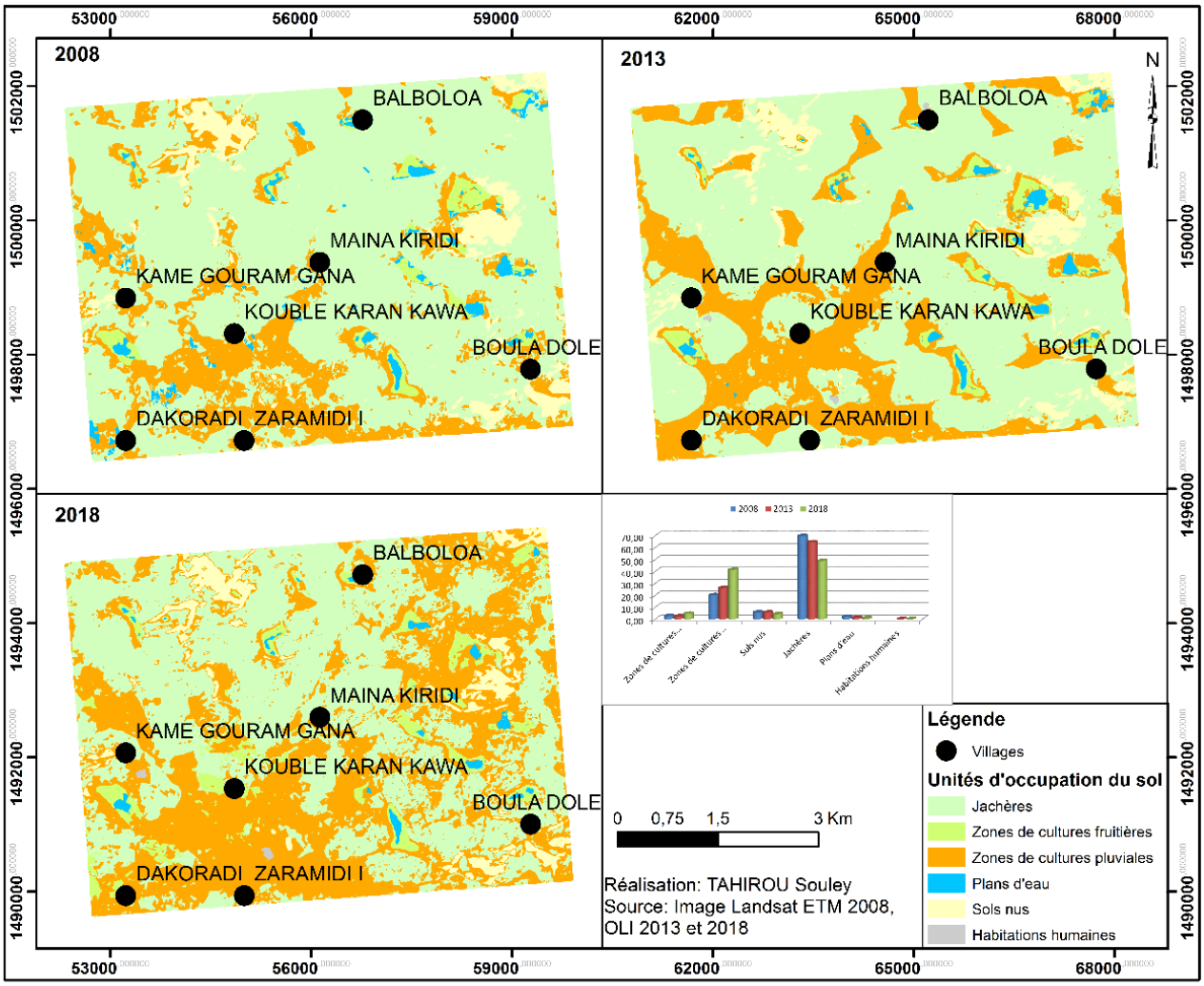


Fig. 6. Occupation des sols du village de Maina Kaderi en 2008, 2013 et 2018

4.2.6 A L'ÉCHELLE DU SITE SITUÉ À MAINA KADERI

La cartographie du village de Maina Kaderi (Figure 7) présente: une augmentation des zones des cultures pluviales, des cultures fruitières, une diminution de la jachère, des plans d'eau et des dunes. La jachère passe de 70,87% (5586,80 Ha) en 2015 à 54,21% (4273,25 Ha) des superficies soit une diminution de 16,66% en 2018 au niveau de l'auréole de 5 km et de 60,55% (19095.7 Ha) en 2015 à 54,13% (17070,1 Ha) soit une diminution de 6,42% en 2018 (auréole de 10 km). Une augmentation des zones de cultures qui passe de 17,76% (1400,01 Ha) en 2015 à 35,22% (2776,52 Ha) en 2018 (auréole de 5 km) et de 22,38% (7056,7 Ha) en 2015 à 32,19% (10152,2 Ha) en 2018 (auréole de 10 km). Une diminution des plans d'eau de 1,95% (153,34 Ha) en 2015 à 0,93% (73,60 Ha) en 2018 (auréole de 5 km) et 2,12% (669.0 Ha) en 2015 à 0,73% (229,6 Ha) en 2018 (auréole de 10 km). Une augmentation des cultures fruitières de 3.28% (258,51 Ha) à 4,94% (389,08 Ha) en 2015 (auréole de 5 km) et de 2,88% (2106,6 Ha) en 2015 à 4,19% (1325,8 Ha) en 2018 (auréole de 10 km). Une diminution des dunes de 5.85% (461,16 Ha) en 2015 à 4,7% (370.77 Ha) en 2018 (auréole de 5 km) et de 11.95% (3769,8 Ha) en 2015 à 8.72% (2749,5 Ha) en 2018 auréole de 10 km). (Tableau 1 et 2). La diminution de la jachère de 16.66% (auréole de 5 km) entre 2015 et 2018 et de 6.42% (auréole de 10 km) entre 2015 et 2018 va dans la dynamique de l'augmentation des zones des cultures et la diminution des dunes par des efforts par l'état et les ONG pour le programme récupération des terres dégradées et la lutte contre l'avancée du désert.

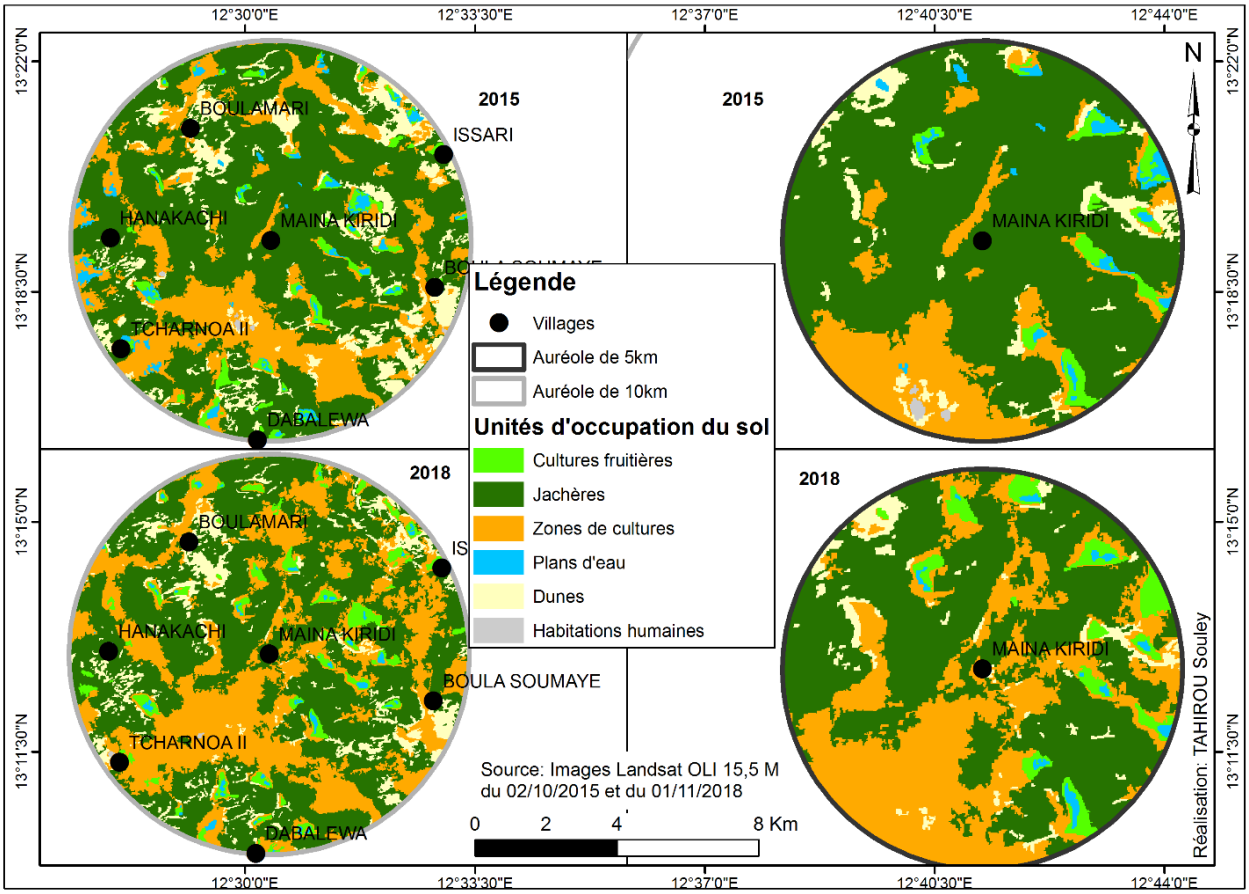


Fig. 7. Occupation des sols du village de Maina Kaderi en 2015 et 2018 (Auréole 5 et 10 km)

4.2.7 A L'ÉCHELLE DU VILLAGE DE SAYAM FORAGE

Le village de Sayam forage situé à une soixantaine de kilomètre se caractérise par un camp de réfugiés de 2824 ménages. La carte des unités d'occupation du sol se présente comme suit à la figure 8. La diminution de la jachère de 37,36% en 2013 à 23,81% en 2018 s'explique par l'augmentation des zones de cultures pluviales (de 55.39% en 2013 à 59,82% en 2018) et de la zone de la culture fruitière (2,34% en 2013 et 7,28% en 2018 (Figure 8).

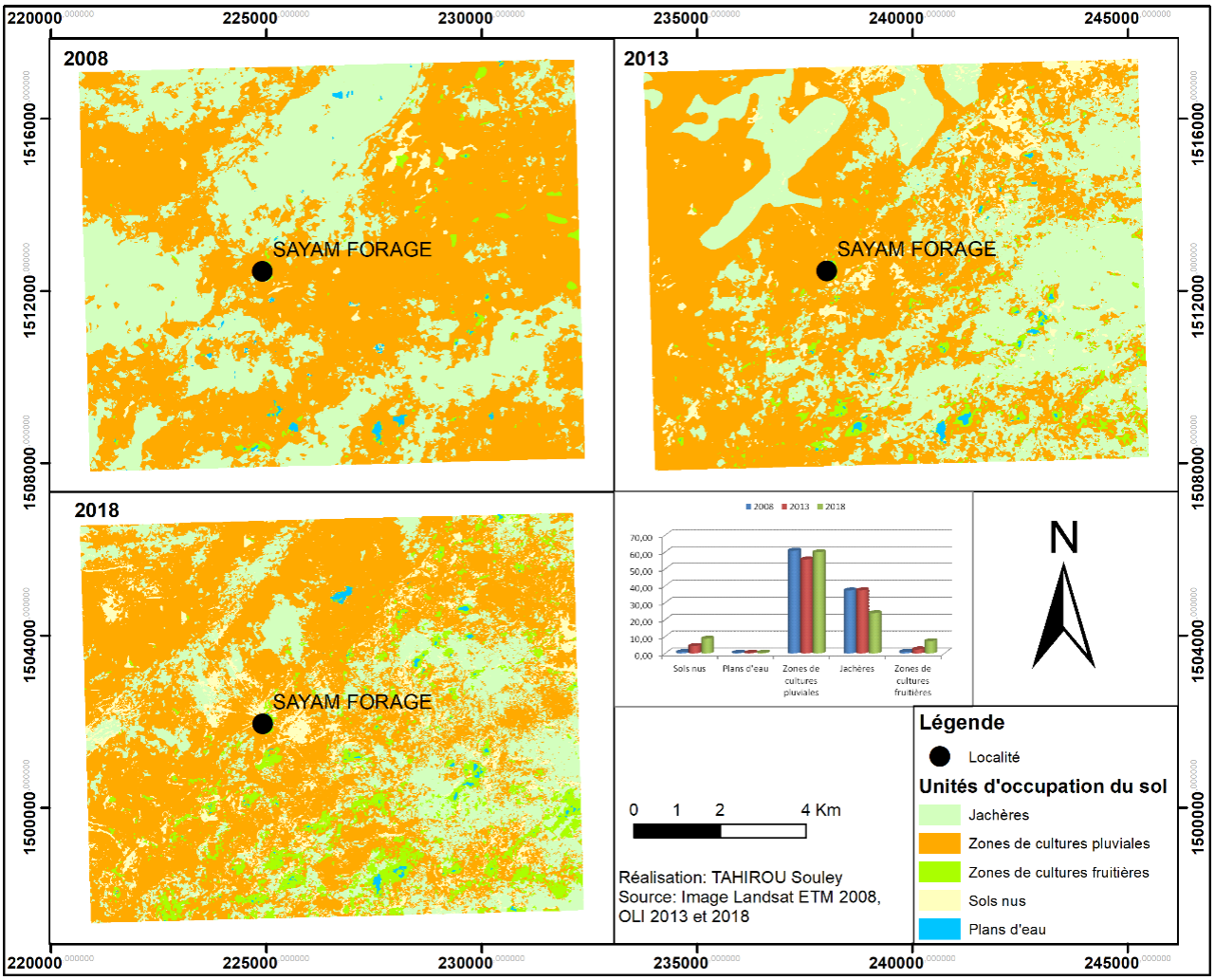


Fig. 8. Occupation des sols du village de Sayam forage en 2008, 2013 et 2018

4.2.8 A L'ÉCHELLE DU SITE SAYAM FORAGE

La cartographie du site de ce village (Figure 9) permet de constater: une augmentation des sols nus (auréole de 10 km), des zones de cultures pluviales (auréole de 5 km et de 10 km) entre 2015 et 2018; une diminution de la jachère et des plans d'eau (auréole de 5 km et 10 km) entre 2015 et 2018.

La diminution de la jachère de 28,77% (2267,68 Ha) des superficies en 2015 à 24.46% (1927,909 Ha) des superficies en 2018 (auréole de 5 km) et 23.38% (7374.5 Ha) des superficies en 2015 à 22,16% (6989.7 Ha) des superficies en 2018 (auréole de 10 km) s'explique par l'augmentation des zones de cultures de 66,90% (5273,62 Ha) des superficies en 2015 à 70,85% (5585,530 Ha) des superficies en 2018 (auréole de 5 km) et de 68.20% (21506,3 Ha) des superficies en 2015 à 70,94% (22372,9 Ha) des superficies en 2018. Cette augmentation de zone de culture est dû à un projet de développement initié par le HCR en collaboration avec l'Université de Diffa et une ONG (action pour le bien être (APBE)) qui vise à autonomiser réfugies et leur insertion dans le tissu sociale par des pratiques culturales et la pis culture. (Tableau 1 et 2). L'accroissement des sols nus entre 2015 (1,44%) et 2018 (2,37%) est dû à une régression de la végétation liée à la pression démographique (2824 ménages se sont ajoutés à la population locale du village de Sayam forage).

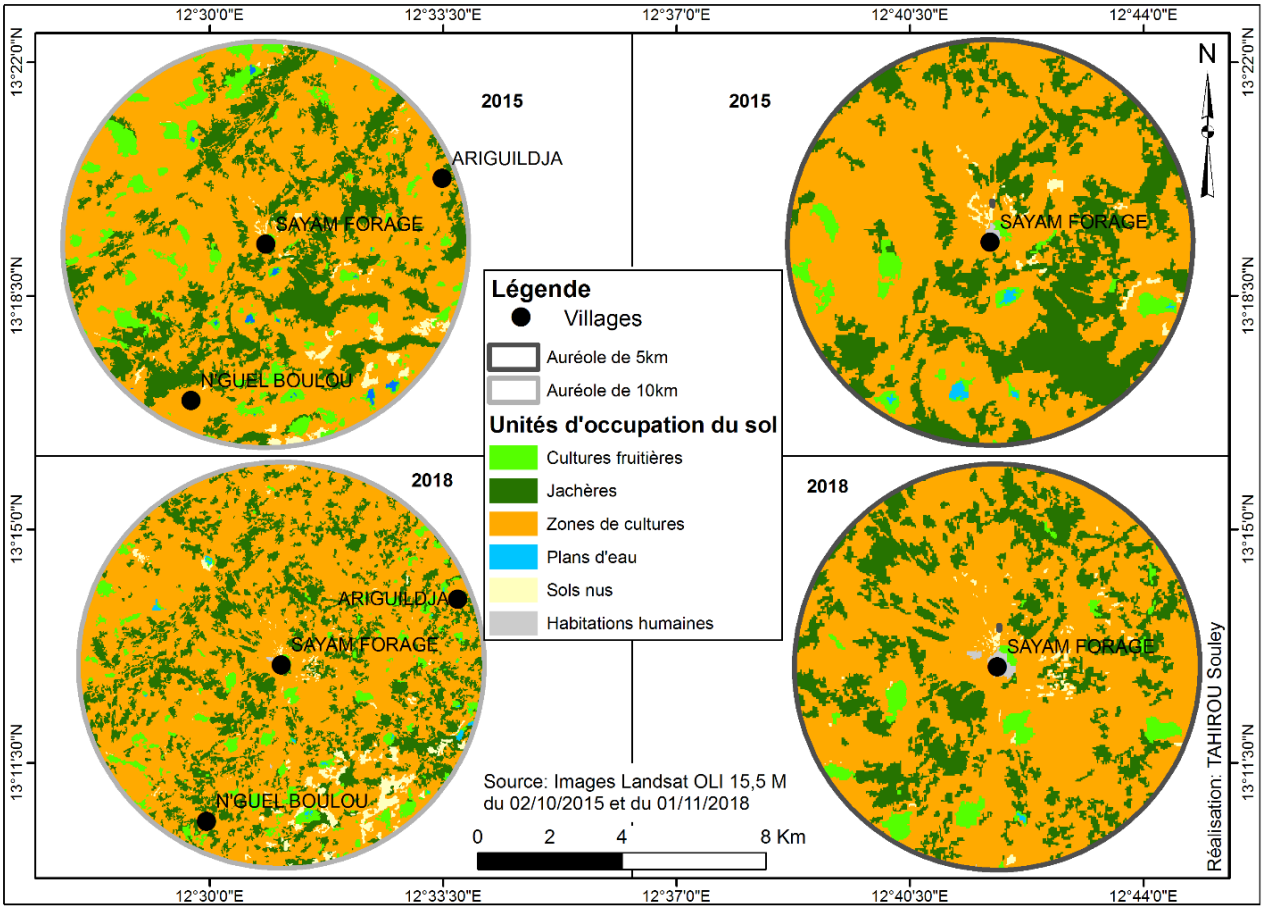


Fig. 9. Occupation des sols du village de Sayam forage en 2015 et 2018 (Auréole de 5 et 10 km)

Tableau 1. Evolution des différentes unités d'occupation des sols sur les sites d'accueil des réfugiés de 2015 à 2018 (auréole de 10 km)

OS	Sites		Jachère	Sols nus	Steppes	Zones de cultures	Habitations humaines	Cultures irriguées	Plans d'eau	Cultures fruitières	Dunes
2015	D	%	5,14	0,18	9,04	73,83	2,40	5,77	2,82		
		S	1874,3	57,9	2849,7	23285,1	758,4	1820,9	890,6		
	B	%	34,44	0,23	2,09	59,17	0,07	3,14	0,86		
		S	10860	73,9	657,6	18659,5	22,9	990,6	272,6		
	MK	%	60,55			22,38	0,12		2,12	2,88	11,95
		S	19095,7			7056,7	36,3		669	2106,6	3769,8
	SF	%	23,38	1,44		68,20	0,03		0,26	6,68	
		S	7374,5	454,5		21509,3	9,1		83,0	2106,6	
2018	D	%	0,54	0,39	8,34	67,02	3,00	15,31	5,39		
		S	171,8	123,5	2630,4	21136,4	946,1	4827,1	171701,1		
	B	%	22,64	0,40	3,06	66,18	0,37	5,53	1,82		
		S	7139,2	125,7	264,9	20872,4	117,7	1744,5	572,5		
	MK	%	54,13			32,19	0,04		0,73	4,19	8,72
		S	17070,1			10152,2	13		229,2	1325,8	2749,5
	SF	%	22,16	2,37		70,94	0,12		0,21	4,2	
		S	6989,7	746,3		22372,9	37,5		64,8	1325,8	

Tableau 2. Evolution des différentes unités d'occupation des sols sur les sites d'accueil des réfugiés de 2015 à 2018 (auréole de 5 km)

OS	Sites		Jachère	Sols nus	Steppes	Zones de cultures	Habitations humaines	Cultures irriguées	Plans d'eau	Cultures fruitières	Dunes
2015	D	%	0,07		11,10	66,00	9,16	9,56	4,11		
		S	5,22		875,27	50203,01	722,04	753,40	324,27		
	B	%	40,501	0,037	2,093	57,369					
		S	3192,792	164,960	4522,54						
	MK	%	70,87			17,76	0,30		1,95	3,28	461,16
		S	5586,80			1400,01	23,40		153,34	258,51	
	SF	%	28,77	0,84		66,90	0,12				
		S	2267,68	66,02		5273,63	9,12		29,25	237,54	461,16
2018	D	%		1,01	13,20	50,84	11,25	19,52	4,13		
		S		79,80	1045,02	4007,57	886,86	1538,57	325,40		
	B	%	26,23	0,22	0,80	57,369					
		S	2067,70	17,50	63,37	5717,21	17,44				
	MK	%	54,21			35,22			0,93	4,94	4,70
		S	4273,25			2776,52			73,60	389,08	370,77
	SF	%	24,46	0,84		70,84	0,46		0,03	3,36	
		S	1927,909	66,040		5585,530	36,610		2,528	264,604	

D: Diffa; B: Boudouri; MK: Maina Kaderi; SF: Sayam Forage

A partir du constat fait sur l'évolution du taux moyen annuel des différentes unités d'occupation des sols sur les sites d'accueil des réfugiés de Diffa, de Boudouri, de Maina Kaderi, et de Sayam forage de 2015 à 2018, il ressort une diminution de la jachère au niveau de tous les sites concernés par la recherche. Les raisons de cette diminution sont diverses et variées (Tableau 3 et 4). L'augmentation des habitations humaines, dégradation des sols, besoins croissants des terres cultivables avec l'arrivée des réfugiés, raccourcissements de la période de la jachère, etc. Il est vraiment difficile d'accuser les réfugiés comme étant les seuls responsables de la dégradation de l'environnement au niveau des sites étudiés car la population locale tire également profit des ressources naturelles renouvelables. En raison du manque des données détaillées d'avant le conflit, il est souvent difficile, sinon impossible d'estimer la dégradation environnementale causée seulement par la présence des réfugiés de celle causée par les populations locales.

Tableau 3. Evolution du taux moyen annuel des différentes unités d'occupation des sols sur les sites d'accueil des réfugiés de 2015 à 2018 (auréole de 10 km)

Unités d'occupation des sols	2015-2018			
	Boudouri	*Diffa*	*Maina kaderi*	*Sayam forage*
Jachère	-11,80	-5,40	-6,42	-1,22
Sols nus	0,16	0,21	-	0,93
Steppes	0,97	-0,70	-	-
Zones de cultures	7,02	-6,81	9,82	2,74
Habitations humaines	0,30	0,60	-0,07	0,09
Cultures irriguées	2,39	9,53	-	-
Plans d'eau	0,95	2,57	-1,39	-0,06
Cultures fruitières	-	-	1,31	-2,48
Dunes	-	-	-3,23	-

Tableau 4. Evolution du taux moyen annuel des différentes unités d'occupation des sols sur les sites d'accueil des réfugiés de 2015 à 2018 (auréole de 5 km)

Unités d'occupation des sols	2015-2018			
	Boudouri	*Diffa*	*Maina Kaderi*	*Sayam forage*
Jachère	-14,272	-0,07	-16,66	-4,31
Sols nus	0,185	1,01	-	-
Steppes	-1,289	2,15	-	-
Zones de cultures	15,155	-15,16	17,46	3,96
Habitations humaines	0,221	2,09	-0,30	0,35
Cultures irriguées	-	9,96	-	-
Plans d'eau	-	0,01	-1,01	-0,34
Cultures fruitières	-	-	1,66	0,34
Dunes	-	-	-1,15	

4.3 Les Formes De Dégradations Liées À La Production Des Déchets

Les déchets plastiques empêchent l'infiltration des eaux de pluie, ils ne sont pas biodégradables (Photo 4). Ces déchets bouchent les conduits de canalisation ce qui augmente le risque d'inondation (source officielle cinquième région inondable du Niger). Les eaux de surfaces et mêmes souterraines sont contaminées par les déchets produits par les réfugiés, ce qui augmente les risques des maladies. (HCR, 2017). Selon la population enquêtée la proportion des déchets ménagers (déchets organiques) est de 82% et celle des déchets plastiques est de 18% (figure 13).

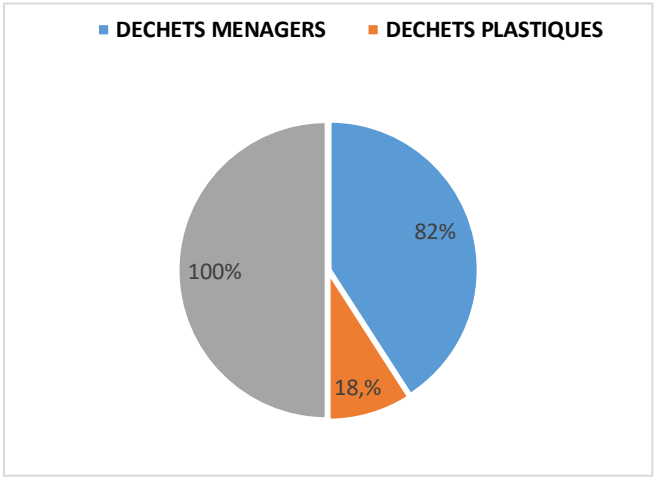


Fig. 10. Types des déchets produits par les réfugiés

Les dépôts des déchets plastiques empêchent les jeunes plants de pousser et rendent le sol impropre aux cultures. Le développement et la propagation des maladies peuvent devenir un problème de santé publique pour les hommes et les animaux (Photo 4). La gestion des déchets se fait avec beaucoup de problèmes car les municipalités n'ont pas le moyen pour mener à bien leur mission. Des tas d'immondices jonchent les rues de la commune urbaine de Diffa, d'après les résultats des enquêtes 71,2% affirment verser les ordures dans des dépotoirs sauvages (Figure 14).

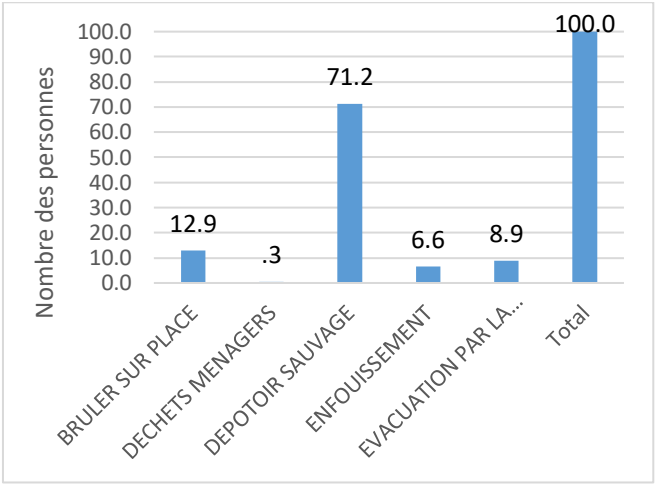


Fig. 11. Gestion des déchets selon la population enquêtée

Photo 4: déchets qui jonchent les rues de Diffa (Ibrahim, 2017)

Clichés: Ibrahim Oumarou, 2021

4.4 DISCUSSIONS

L'étude menée par le programme des nations unies pour l'environnement ([6]) en guinée a révélé que le problème prédominant dans les zones d'accueil des réfugiés est le raccourcissement des périodes de jachère. Le système de rotation traditionnel a besoin de longues périodes de jachère pour restauré la fertilité du sol. La demande croissante en terres agricoles signifie qu'il n'est plus possible de maintenir les longues périodes de jachère nécessaire. Les résultats confortent ceux de ([4]) sur les sites de miniers de phosphates de Hahatoé-Kpogamé (sud-est Togo) et ceux de ([5]) dans les carrières de graviers de la commune de Houeyogbé (Département du Momo au Benin) et en Guinée forestière sur les sites de réfugiés de Forécariah, Nzérékoré, Macento et Guékédou qui justifier le rôle des réfugiés dans la dégradation de l'environnement. Ces constats sont partagés par ([7]) qui ont aussi montré l'impact écologique de l'instigation des réfugiés sur l'environnement au Burundi.

Au Niger plus particulièrement dans la région de Diffa, la première vague des réfugiés est arrivée en février 2015. L'intervalle de temps entre 2015 et 2018 est insuffisant pour constater des impacts sur l'environnement par les réfugiés. Dans une zone dont la plus grande partie est aride qui subit une pression démographique aussi bien la population locale que les réfugiés ont un impact certain sur l'environnement, puisque tous tirent profit des ressources naturelles renouvelables ([1]). Les seuls preuves des effets des réfugiés sur l'environnement sont les constats sur le terrain aux alentours des camps des réfugiés ou des coupes abusives de la végétation sont observées çà et là. Dans la commune urbaine de Diffa les réfugiés sont installés dans la ville et la périphérie donc il impossible de dire qui de la population locale ou réfugiés est responsable de la dégradation de l'environnement. Nos résultats sont similaires à ceux de ([2]) sur l'évaluation environnementale stratégique porté sur les effets de la présence des réfugiés Maliens sur le milieu physique et humain dans les provinces de soum, Séno et Oudalan au Burkina

Faso a relevé que la présence des réfugiés accroit la forte pression sur les ressources naturelles notamment l'eau, le bois et le pâturage et c'est également le cas au Niger dans la région de Diffa qui subit les effets du changement climatique, de l'insécurité alimentaire dans un environnement très vulnérable. Enfin, notons que les conclusions de cette étude illustrent la portée de l'impact de la présence des réfugiés sur un pays hôte. Dans la région de Diffa, il faut attendre 10 à 15 ans pour constater d'éventuels dégâts sur l'écosystème environnemental.

5 CONCLUSION

L'installation des réfugiés dans la région de Diffa constitue une des activités humaines qui impactent à long termes l'environnement. A travers cette étude les impacts environnementaux liés aux activités des réfugiés dans la région de Diffa ont pu être analysé. Les différentes méthodes d'analyse environnementale utilisées observations du terrain et travaux de télédétection) ont permis de vérifier les hypothèses émises. Les sources d'impacts ont été identifiées et évaluées par des observations du terrain et par les SIG. Par ces méthodes, il ressort de l'évaluation que l'importance des impacts peuvent être ressenti avec plus d'acuité dans la durée (10 ans voir 15 ans) des mesures urgentes doivent être prises pour atténuer ces impacts, car de plus en plus on observe une progression des sols nus sur les sites. L'étude a abouti à l'identification de deux types d'impacts (négatifs et positifs) par les populations. Ceux-ci vont de l'amélioration des infrastructures sociaux de base (forages d'eau, routes, les écoles, les centres de santé...) et la dégradation du milieu biophysique (destruction de la végétation, la dégradation des terres, la diminution des superficies agricoles...). Enfin, l'échelle temporelle de l'analyse (après 03 années d'installation des camps des refugiées) est très limitée pour évaluer davantage l'ampleur et l'étendue de la dégradation des différents composants de l'environnement. De plus des études complémentaires après une décennie d'installation est nécessaires pour inclure d'autres éléments de l'environnement à savoir l'air, la santé et la faune.

REFERENCES

[1] BLACK R. (1994, a): « Forced Migration and Environmental change: The Impact of refugees on Host Environments » Journal of Environmental Management 24: PP.261-277.

[2] BARRY S; DIPAMA J.M; KAFANDO B.E; KIEMA. A. (2013). Evaluation environnementale stratégique de l'installation des réfugiés maliens dans les provinces du Séno, du Soum et de l'Oudalan (BF), Ouagadougou, HCR/FAO, 91P.

[3] HCR, PNUE, CNUEH. (2000). Impact environnemental des réfugiés en Guinée, Guinée (Conakry), 21P.

[4] KOGBE YAOVI.L. (2007).Diagnostic environnemental pour un suivi à long terme de la mine d'exploitation des phosphates de Hahatoé-Kpogamé au sud-est du Togo. Mémoire de DESS, CRESA-FA /UAM, 98 p. [non publié].

[5] MARCEL COMLAN K. (2008).Impacts environnementaux des exploitations des carrières de graviers dans la commune de Houeyogbé (Département du Momo, Benin), Mémoire de DESS, CRESA-FA /UAM, 118 p.

[6] PNUE (2000): Impact environnemental des réfugiés en Guinée, juillet 2000, 21 p, http://www.grid.unep.ch/guinea/reports/reportrvf.pdf

[7] PROACT NET WORK (2000): L'impact écologique des programmes des réfugiés rapatriés soutenus par le conseil norvégien des réfugiés au Burundi. Un aperçu des actions menées pour atténuer ces impacts, NRC.66p

[8] RICHARD. N (2008), Etude d'impact environnemental et social du projet de construction d'une centrale thermique de 150 MW à KRIBI et d'une ligne de transport d'énergie de 225 KV entre KRIBI et EDEA. Société Africaine d'expertise Cameroun 36 p.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 4 Jun. 2023, pp. 1601-1616
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Production of *Hermetia illucens* L and *Musca domestica* L larvae (maggots) for animal feed in West Africa: A review

Florence Sankara[1], Fernand Sankara[1], Salimata Pousga[1], Kalifa Coulibaly[1], Jacques Philippe Nacoulma[1], Zakaria Ilboudo[2], Issoufou Ouedraogo[3], Wendgida Dimitri Wangrawa[4], Irénée Somda[1], and Marc Kenis[5]

[1]Université Nazi BONI (UNB), 01 P.O. Box 1091, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

[2]Fundamental and Applied Entomology Laboratory, Université Ouaga I Pr Joseph Ki-Zerbo, Ouagadougou, Burkina Faso

[3]Institute of Environment and Agricultural Research (INERA), 01 P.O. Box 910, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

[4]Department of Life and Earth Sciences Training and Research Unit, Science and Technology, University Norbert Zongo, Koudougou, Burkina Faso

[5]Centre for Agricultural Bioscience International (CABI), 1 Rue des Grillons, Delémont, Switzerland

Copyright © 2023 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 the search for new, cheaper and environmentally sustainable sources of protein-rich food, much research has shown the alternative role that insects could play in animal feed. Fly larvae or maggots have been identified as a food source that is very rich in protein, dietary fat, vitamins and minerals. The most commonly used maggots in animal feed are those of the housefly (*Musca domestica* L. 1758) and the black soldier fly (*Hermetia illucens* L. 1758). Different maggot production systems for these two fly species have been developed and others are still being developed in different contexts around the world. The production of these maggots does not require much expenditure as they can be easily obtained from animal and/or plant waste available free of charge or at low cost. This study summarizes the available literature on the methods of production of maggots of these two fly species and their use in animal feed. Also, the zootechnical performance of animals fed with maggots and the importance of maggots were discussed in this study.

KEYWORDS: Maggots, proteins, animal feed, zootechnical performance, fly.

1 INTRODUCTION

The rapid growth of the world's population and the need for a better standard of living in many countries have led to a sharp increase in the demand for meat, eggs and fish [1] This trend has important environmental implications, especially to feed production, as in the absence of equivalent animal production, this increase will lead to protein shortages [2].The FAO estimates that food production will have to increase by 70% to feed the world in 2050, with meat production (beef, poultry and pork) expected to double [3]. Therefore, the impact on the demand for livestock feed becomes enormous in economic terms [4]. One of the main problems of livestock production is the cost of feed, especially conventional protein sources such as fishmeal and soybeans, which account for 60-70% of feed expenditure [5]. Hence, the misuse of fishmeal and soybean in animal feed leads to overfishing and the exploitation of large areas of land, respectively, as well as intensive soybean monocultures that cause soil depletion and deforestation, thus contributing to climate variability and change [6]. In addition, fishmeal and soybean are imported at very high costs in most sub-Saharan African countries. In order to solve it, alternative sources of protein that are economically and ecologically viable should be identified. At the global level, insect farming may be a solution to the inaccessibility of conventional protein sources and to food insecurity. Indeed, the nutritional composition of insects is comparable to that of conventional plant and animal protein sources [5], [7]. In general, the crude protein content of

insects varies between 13% and 77% on a dry weight basis and is dependent on the species, its stage of development but also the substrate on which it was fed [8]. Their lipid content also offers good prospects for incorporation as a feed supplement in animal feed [9], [10]. In Africa, numerous studies have shown that insects can be incorporated into the diet of farm animals such as poultry, fish and pigs [5], [7], [11], [12]. The authors [13] reviewed insects as a substitute in animal nutrition and found that some Diptera, Coleoptera and Orthoptera had a better fatty acid content compared to fish meal. In Burkina Faso and Benin the incorporation of insects in the diet of animals has been investigated by some authors [14], [15], [16]. Insects of the order Diptera used in the diet of farm animals are flies such as the housefly (*Musca domestica,* Muscidae), the black soldier fly (*Hermetia illucens,* Stratiomyidae) and the Caliphoridae [14]. In recent years, a lot of research has been conducted on mass production of larvae and rearing of flies for the purpose of feeding farm animals. In Burkina Faso, [17] and [18] have conducted studies on housefly maggots, mainly on the methods of mass production of these maggots and their acceptability by local guinea fowl and chickens. In this study, we will focus mainly on the use of insects, especially the maggots of houseflies and black soldiers in animal feed. The use of these larvae to supplement traditional animal feed sources such as soybeans, maize, other cereals and fishmeal would allow farmers to reduce their production costs.

2 METHODOLOGY

This summary document is based entirely on the available scientific data on the use of maggots in animal feed. Available literature on maggot production methods, maggot extraction and drying methods, use of maggots in animal feed as well as zootechnical performance of maggot-fed animals published in peer-reviewed journals with a wider scope for researchers, articles, books, periodicals, abstracts, research reports, conference papers and other technical reports has been compiled. Online database tools such as Research Gate, Google scholar, Web of Science and Scopus were used for literature searches. This article is the result of one hundred (100) research publications, of which more than twenty-five (25) are from West Africa. The key search words were: fly larvae, maggots, houseflies, *Musca domestica,* Housefly larvae production, black soldier flies, *Hermetia illucens,* black soldier fly larvae production, animal feed, importance of fly larvae, substrates, containers, attractants.

3 MAIN INSECT SPECIES USED IN ANIMAL FEED

The insects used in animal feed include Diptera, Coleoptera, Termites, Grasshoppers and Lepidoptera. Diptera is the order of insects with the largest number of species that can be used in animal feed. Within this order, flies are the most abundant [19]. Among these flies, the ones most used in animal feed are mainly the black soldier fly (*Hermetia illucens* Linnaeus, 1758), the housefly (*Musca domestica* Linnaeus, 1758) and several Calliphoridae species [14]. The larvae of many Coleoptera are used in animal feed [4]. For example, the miller beetle or mealworm (*Tenebrio molitor* L., 1758) offers an interesting alternative to soybean or fish meal [13]. There are also larvae of wood borers and dung beetles, *Alphitobius diaperinus, Zophobas morio* and larvae of palm weevils of the genus Rhynchophorus. Cerambycidae, Scarabaeidae and Curculionidae are also used as supplements in poultry and fish feed [4]. Isopterans (termites) are also used as animal feed in many parts of the world [4]. Indeed, it is not uncommon to see poultry feeding on termites in rural areas; making termites a natural food source for many birds [16], [20], [21]. In the wild, avian fauna and even roaming poultry consume locusts and grasshoppers, which belong to the order Orthoptera [22]. Some insects of the order Lepidoptera are also consumed by animals, such as silkworms (*Bombix moris*), which have been found to be cheaper than conventional fishmeal, making them an economically attractive substitute [23].

4 GENERAL CHARACTERISTICS OF FLIES

Diptera are one of the largest and most diverse orders of insects. These Diptera have one pair of wings (forewings), the second pair of wings (hindwings), is replaced by a pair of organs called dumbbells or pendulums [24]. They have a large and mobile head with compound eyes, often very large, and mouthparts of the sucking, piercing, sponge type (all adapted to liquid feeding). The number of described Diptera species in the world is 160,000, which represents about 10% of all known animal species. Experts estimate that there must be between 400,000 and 800,000 species of Diptera [24], making them the fourth most abundant order after Lepidoptera, Hymenoptera and Coleoptera. Many species belonging to the order Diptera are found in almost all regions of the world. These species are well adapted to a wide range of habitats and, with the exception of the deep ocean, can live in many habitats on land [25]. The housefly (**Photo 1a and 1b**) has aroused the interest of the scientific community and those specializing in animal feed [5], [7], [11], [26], [27]. Indeed, it has a high potential to convert organic matter into body biomass thanks to its larvae; this offers a credible alternative to conventional sources of nutrients for fish, pigs and poultry [5], [7], [12].

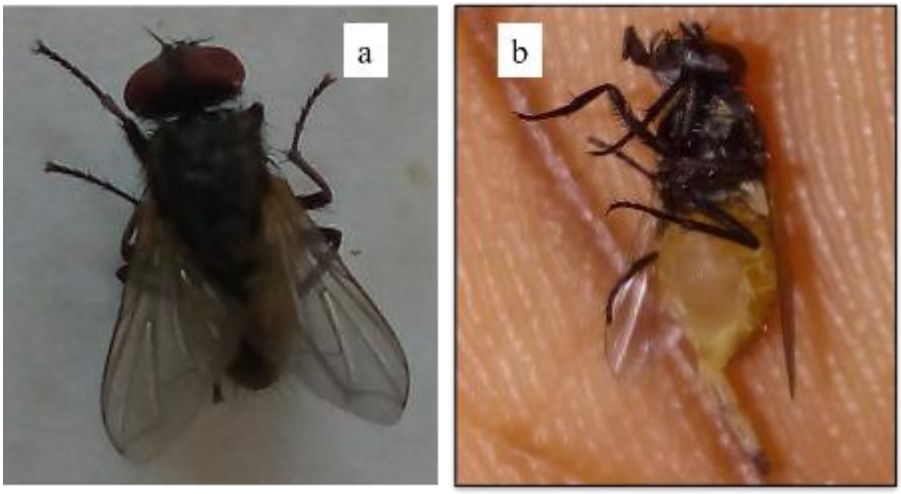


Photo 1: (a) = dorsal view of a housefly, (b) = female housefly; (Sankara, 2022)

Another fly species that has received particular attention from researchers is the black soldier fly (**Photo 2a, 2b and 2c**). Native to North America, the black soldier fly, which in its adult state resembles a black wasp, has acclimatized to all warm, tropical and subtropical climates of the world [28]. Its name comes from their tendency to position themselves in the same direction when moving in numbers. It is interesting because of the ability of its larvae to feed on decaying organic matter and its high content of useful macronutrients in the diet of some farm animals [10], [14], [29].

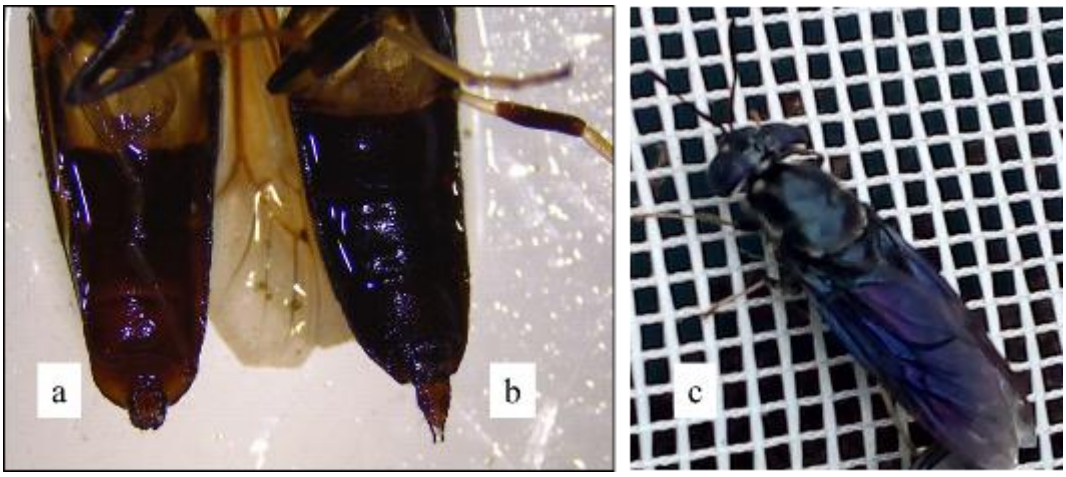


Photo 2: Male (a) and female (b) black soldier fly; dorsal view (c); (Sankara, 2022)

5 LIFE CYCLE OF FLIES

Flies undergo a complete metamorphosis and have four distinct stages of development: egg, larva or maggot, pupa or nymph and adult.

5.1 LIFE CYCLE OF THE HOUSEFLY (*MUSCA DOMESTICA*)

Eggs: the female housefly lays its eggs one by one and piles them up in small heaps. It lays about 75 to 150 eggs at one time. It repeats the process until it has laid about 600-900 eggs in her lifetime. The eggs are laid in decaying organic matter [30]. They are elongated and oval in shape, measuring about 1-2 mm in length. Eggs are white and develop best in droppings with 40-70% humidity. Egg hatching time decreases with higher temperatures and varies between 8 and 24 hours [30]. Often, several flies lay their eggs in close proximity to each other, so there may be a large number of larvae and pupae in the same location. Female flies need access to suitable food to produce eggs [30].

Larva: it is composed of 12 segments. It is white and about 1-2 mm long when it hatches. A pair of spiracles is present at the anterior and posterior end of the body. The larva feeds on decaying plant or animal organic matter. It evolves in three stages and the duration of the stages decreases with increasing temperature (2-7 days) [31]. Stage 1 larvae prefer damp places and tend to be lucifugous. Stage 3 larvae will migrate to a drier, brighter environment. Larvae can survive for several days at 2°C. However, below 10°C, they should not pupate. In winter, the larvae are able to migrate to warmer areas to continue their development. Young larvae seek high temperatures (30-37°C), whereas an older larva will prefer lower temperatures to reach its pupation optimum. The maximum lethal temperature of the larva is not precisely known but is around 46°C and varies according to the development stage [31].

Pupa: the pupal envelope (puparium) is initially creamy white and quickly darkens to reddish brown and then almost black [31]. The pupal stage lasts 3-6 days, but in winter it can be prolonged. Pupation frequently takes place on the surface of rather dry droppings. At the end of the stage, the puparium ruptures in a circular fashion at its front end due to the efforts of the young fly. The increase in temperature causes a decrease in the duration of pupation. However, there are thresholds below 11°C and above 38°C where development is interrupted [31].

Adult: the housefly is 5-7 mm long, with the female usually larger than the male. The head has reddish eyes and spongy mouthparts. The thorax has four narrow black stripes and the fourth longitudinal rib of the wing is strongly curved upwards [31]. The abdomen is grey or yellowish with a dark midline and irregular dark markings on the sides. The underside of the male is yellowish. The sexes can be easily separated by identifying the space between the eyes, which in the female is almost twice as wide as in the male. The life span of houseflies varies from about 20 to 40 days [17]. The development cycle of the housefly is summarized as shown in **figure 1.**

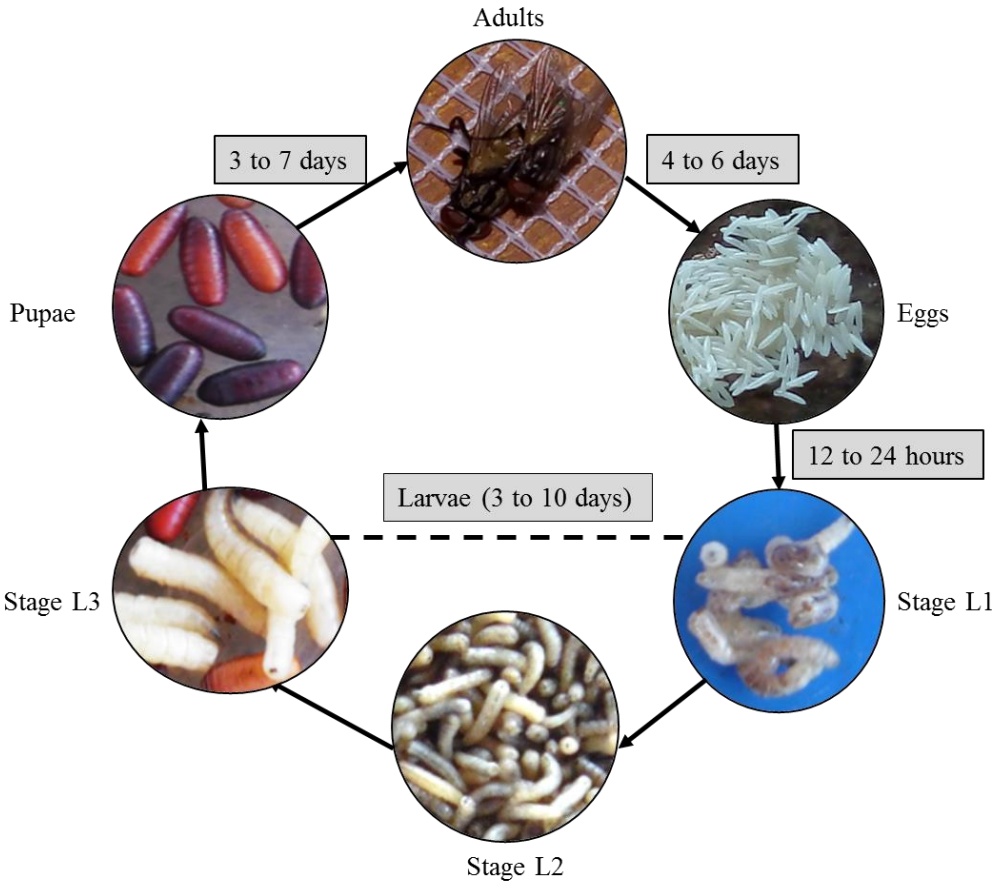


Fig. 1. Life cycle of the housefly (adapted from Sankara, 2017)

5.2 Life Cycle Of The Black Soldier Fly, *Hermetia Illucens*

Eggs: a few days after reaching adulthood and emerging from the pupae, female black soldier flies find a mate. This happens when a male intercepts a female in flight and the two descend in copulation [32]. The female wastes no time in laying more

than 500 eggs in a dry environment, near the edges or crevices of decaying organic matter [32]. In this way, the eggs are protected from drying out and humidity as well as from predators [33], [34]. The eggs are egg-shaped and each egg is about 1 mm long and creamy white [32]. They change from beige to yellow/beige during the incubation period, which lasts 3 to 5 days at 27-30°C [35].

Larvae: As soon as the eggs hatch, the larvae are 0.66 mm long and use the surrounding organic matter as a food source. Temperature is a major parameter influencing larval development and survival rates, with the optimum temperature being between 20 and 30°C [33]. As they grow, the larvae undergo moults separating 5 larval stages that take place between 14 and 18 days. However, it can take up to 6 months for the larvae to reach maturity due to the ability of black soldier fly to extend their life cycle in hostile circumstances. The larvae can measure up to about 27 mm long and 6 mm wide. They are pale white with a small black head containing their mouthparts [36]. Morphologically, it is difficult to differentiate the first four larval stages (except for body size), but the 5th larval stage is characterized by a marked change to a beige color. The 6th instar is the prepupal stage which is characterized by a dark brown color and migration out of the substrate (facilitated by a modification of the mouth organs in the form of hooks) and then transforms into a pupa [37].

Pupae: pupae are 12 to 25 millimeters long and their rigid, calcium-rich cuticles form a dark envelope. Generally, metamorphosis is completed within 2 weeks and males often emerge earlier than females [38], [34]. After emergence, the young adults take off a few minutes after they have revealed their wings. Two to three days after emergence, they start to mate and the cycle starts again.

Adults: they do not feed as their mouthparts are atrophied. They need warmth (26°C optimum temperature) and light to fly and mate. The adult fly lives for 5 to 8 days [36], [39]. The complete cycle of the black soldier fly varies between 40 and 45 days [39] and is summarized in **figure 2.**

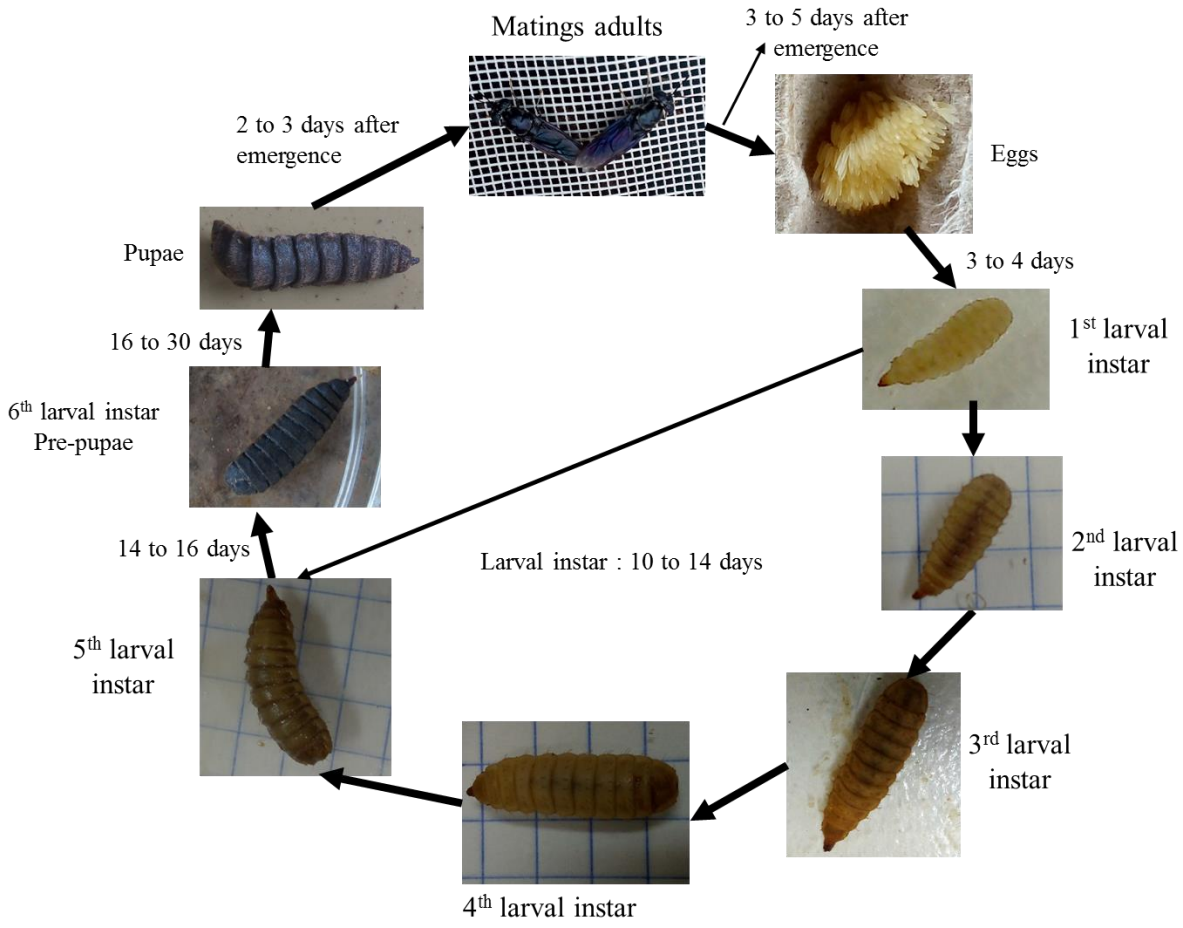


Fig. 2. Life cycle of black soldier fly (Sankara, 2022)

6 PRODUCTION OF *H. ILLUCENS* AND *M. DOMESTICA* LARVAE AND REARING OF ADULTS

The production of maggots by natural oviposition is easy and economical. It requires substrates, containers, attractants and water (**Table 1**).

Production substrates: they can be made up of organic residues of animal origin (poultry manure, pig manure, small ruminant dung, rabbit droppings, ruminant rumen contents, cow dung,...) or of plant origin (maize, rice, soybean bran, cotton cake, brewery waste, local beer waste, rotten fruit and vegetables, household waste,...) or even mixtures of substrates [27], [28], [40], [41], [42], [43]. Attractants such as animal blood, fish waste, non-consumable meat, fermented "soumbala" (*Parkia biglobosa* seed), and rotten mangoes can be used [43], [44], [45]. The authors [27] identified about 30 substrates and/or attractants from agro-pastoralists who used them to produce or collect maggots. Some agro-pastoralists just observed the developing larvae in these substrates.

Production containers: any kind of container can be used for maggot production. These include plastic, iron, aluminium and terracotta [46], [47]. Some also use plastic bags, plastic fiber grain bags, pits, cement bins as production containers. Others spread the substrates directly on the ground to produce maggots [44].

6.1 PRODUCTION OF *H. ILLUCENS* AND *M. DOMESTICA* LARVAE IN THE NATURAL ENVIRONMENT

The method of producing larvae consists of putting a given quantity of substrate in a container and mixing it with 70% water. This wet substrate is exposed to the flies' oviposition in the sun and sheltered from bad weather. The device is either covered immediately with a bag or tree leaves, leaving small openings for the flies to pass through, or left uncovered until the day of use. After three to seven days, housefly maggots can be harvested [11], [26]. As for black soldier fly larvae, it will take about 14 to 21 days for them to reach their maximum development [48]. In addition to this, an oviposition support must be placed on the substrates such as pieces of corrugated cardboard, piles of wood or leaves as soldier flies do not lay eggs directly on the substrates. They lay eggs between gaps or crevices next to organic matter [32]. Maggots are used either directly in a fresh state or dried and incorporated into rations to feed monogastric animals, especially chicks.

Tableau 1. Material and conditions for the production of fly larvae

Species	*Musca domestica*	*Hermetia illucens*
Production	Harvest stage: larvae Larval cycle: 3 -7 days Ideal temperature: 25-30 °C	Harvest stage: larvae and prepupae Larval cycle: 14 - 21 days Ideal temperature: 25-31 °C.
Nutrient substrates	Omnivorous: organic waste of all kinds, animal and human excrement, plant waste Examples: poultry droppings, pig manure, rotten fruit, cow dung, small ruminant dung, rabbit droppings	Omnivorous: organic waste of all kinds, animal and human excrement, plant waste Examples: corn bran, rice bran, soybean bran, cotton cake, brewery waste, local beer waste, rotting fruit and vegetables, household waste
Attractants	Animal blood, fresh fish waste, soumbala, rotten mangoes, non-edible meat	Maize bran, rice bran, soumbala, fresh fish waste
Production containers	Plastic containers Terracotta containers	Iron or aluminium containers Terracotta containers
References	[11], [26], [43], [46], [47], [49]	[33], [40], [41], [42], [49]

6.2 BREEDING OF FLIES, *M. DOMESTICA* AND *H. ILLUCENS* / EGG COLLECTION

Housefly (*M. domestica*) rearing consists of maintaining adults in confinement to obtain eggs that are placed directly into suitable substrates for hatching. Houseflies are kept at very high densities in controlled environments (temperature, humidity and light) in rearing rooms and placed for breeding in cages of varying volumes. For example, [17] tested 150 flies in a 0.04 m^3 cage; [50] tested 25,000 flies in a 0.7 m^3 volume cage while [51] tested 4.8 million flies in a 48 m^3 cage. For efficient adult reproduction in these different volumes, care should be taken to control the densities used with a sex ratio of one male to one female that can vary from 5.6 adults per cm^3 to 2.8 adults per cm^3 [50]. In order to accelerate the maturation of the genitalia, the adults are fed with various sugar solutions whose nutritional value will influence fecundity. Eggs are laid on various oviposition devices filled with attractants, e.g. pig slurry [50] or fermented wheat bran [52]. Egg production depends on the oviposition substrate used.

The black soldier fly does not need to feed, it just needs a water source to stay hydrated. It needs natural sunlight to reproduce, an optimal temperature between 25 and 32°C and a relative humidity between 30 and 90°C [53]. Under natural conditions, reproduction of *H. illucens* occurs year-round in the tropics, whereas it is limited to a few generations in warm temperate regions [35]. The sustainability of the *H. illucens* population is strongly determined by the success of mating and reproduction, which is influenced by nutrient storage during the larval period [35]. During the rearing period, the larval stages are quite easy to maintain, but achieving successful mating is difficult as specific conditions are required [54]. Several studies have shown that mating success and reproductive behaviour in *H. illucens* are influenced by abiotic and biotic factors, such as light intensity, relative humidity, ambient temperature, cage size and space, and density of adult flies in the cage [29], [35], [54], [56]. Mating periods are regulated by light intensity while oviposition depends on humidity and temperature [35]. It was reported that oviposition is favoured by temperature above 26°C allowing the development of artificial rearing systems to produce *H. illucens* throughout the year in temperate regions [35].

Two days after mating, females are ready to lay eggs at an oviposition site if volatile organic compounds are released from the surrounding decaying organic matter [58]. Eggs are laid between dry interstices near a moist food resource that will serve as food for future larvae [35]. The reproduction of *H. illucens* was the subject of several studies and rearing methods in natural, semi-artificial and artificial environments was developed and optimized [29], [54], [57], [58]. In an artificial environment [59] obtained mating and fertilized egg laying with newly emerged *H. illucens* under quartz iodine artificial lighting, while [29] also showed that rearing was possible and effective in a low volume (0.02 m^3) cage under LED artificial lighting [29], [57], [59] studied the influence of density in high-volume rearing cages for black soldier fly in a semi-artificial environment (controlled greenhouse with sunlight). They found no increase in oviposition and egg weight for different cage sizes at a fixed density. However, an increase in density produced more eggs, suggesting that higher densities are more productive. Also, [60] reported that specific wavelengths in LED lighting (LED UV: B: G ratio = 1: 1: 3) could stimulate the eyes of black soldier fly and ensure reproduction and egg fertility. This was confirmed by [55] who pointed out that LED light was the best light to promote fly longevity in small rearing cages compared to fluorescent and halogen lamps.

6.3 Larval Extraction Methods

Several methods of maggot extraction have been described in the literature. The authors [61] tested the "flotation" method, which consists of using water and a 3 x 3 mm mesh sieve to collect the larvae from the water surface. The flotation method was better than the sieve method alone for extracting larvae [18]. However, the latter method was used by [26] and [44]. It gave satisfactory results than the sieve method. Indeed, [44] showed that for small-scale maggot production systems, the sieve method is faster, more efficient and allows the harvesting of almost all maggots, but this method requires more effort, while the colander method is slow, has a lot of maggot loss after harvesting (23.05% to 77.10% of maggots harvested) and is dependent on the substrates and the size of the maggots. However, for large maggot production systems, an automatic maggot extraction system is needed to be more efficient. With this in mind, [62] developed an extractor. This extractor contains a 2 x 2 mm mesh screen through which the larvae pass into an inclined container that allows the larvae to be purified. The mixture is spread out in the screen and exposed to the sun for a maximum of 45 minutes to allow the migration of almost all the larvae from the substrate.

Another method described in the literature is the self-harvesting method which is suitable for black soldier fly larvae [53]. The device is designed to make use of the larvae's property to climb slopes once its larval cycle is complete. This allows the device to operate semi-continuously: organic waste is introduced daily, and the device is emptied of spent substrate every month. The devices vary from one person to another but have the same characteristics: a tray where the substrate will be deposited and an inclined plane (between 25 and 45°) leading to the collection container that does not fill up in case of rain [53].

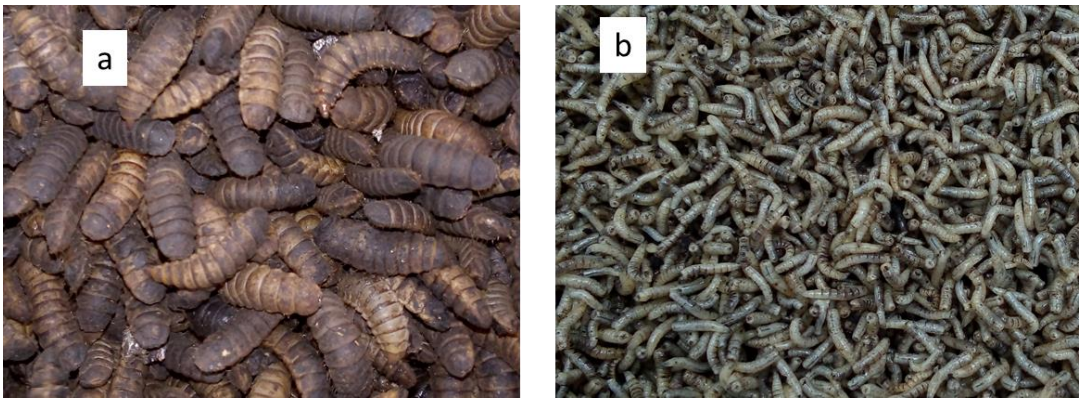
6.4 Quantity Of Maggots Produced And Factors Influencing This Production

The quantity of larvae produced varies according to the period of the year, the nature and surface area of the container, the temperature and humidity of the environment, the type of substrate used and the preference of the substrate by the flies [11], [15], [26], [43], [64] (**Table 2**).

Tableau 2. Substrates productivity in selected West African countries

Production substrates	Countries	Quantities of larvae produced (grams)	References
Larvae of *Musca domestica*			
Poultry manure (1 Kg)	Burkina Faso	86,06 à 239	[26]
Poultry manure (8 Kg)	Burkina Faso	472,3 ± 245,7	[18]
Small ruminant dung with fresh fish waste (1 Kg)	Burkina Faso	144.70	[47]
Mixture of corn bran and poultry manure (1 Kg)		124.65	
Mixture of cow dung and poultry manure		73.70	
Corn bran and coagulated blood (1 Kg)	Burkina Faso	254.3	[45]
Pig manure and coagulated blood (1 Kg)		199.8	
Rumen content with fresh fish waste (1 Kg)		121.5	
Poultry manure alone (1 Kg) Sheep manure and coagulated blood (1 Kg) Poultry manure and coagulated blood (1 Kg)	Mali	124 à 144	[63]
Corn bran (1 Kg) Seed cake (1 Kg)	Bénin	55.6 44.5	[62]
Mixture of soybean bran and corn Hull (1 Kg)	Bénin	23.83 ± 1.01	[64]
Mixture of soybean bran and corn bran (1 Kg)		23.42 ± 0.65	
Corn Bran (1 Kg)		19.53 ± 0.57	
Larvae of *Hermetia illucens*			
Mixture of soybean bran and corn Hull (1 Kg)	Bénin	14.45 ± 0.29	[64]
Mixture of soybean bran and corn bran (1 Kg)		11.84 ± 0.15	
Corn Bran (1 Kg)		12.86 ± 0.69	
Poultry manure (0.5 Kg)	Ghana	23.4 ± 3.4	[65]
Fruit waste (0.5 Kg)		30.4 ± 2.1	
Millet porridge (0.5 Kg)		46.4 ± 3.4	
Pig manure (0.5 Kg)		59.8 ± 4.5	
Pito mash (0.5 Kg)		44.0 ± 4.0	
Roots and tubers (0.5 Kg)		31.9 ± 2.4	

The authors [26] showed that insufficient moisture and excess water can be limiting factors for maggot mass production. Furthermore, increasing the amount of substrate per vessel does not necessarily imply an increase in yield, but that an optimal amount of substrate must be found depending on the dimensions of the opening of the container used [26]. The rainy season is more favourable to increase larval production than the dry and hot season. Therefore, in the dry season, the substrates can be double covered to reduce water loss through evaporation. In the cold season, covering substrates in this way can create an adequate temperature condition for good egg hatching and faster larval development [26] (Photo 3a and b).



Photos 3: a) Black soldier fly larvae; b) Housefly larvae

6.5 METHODS OF DRYING LARVAE

For drying larvae, [47] showed that exposing them to the sun on bags, black plastic or metal trays allows them to be dried in two or three days depending on the quantity of maggots and the solar intensity. In Mali, [63] recommended sun drying in the dry season, but in the rainy season they suggested that the larvae should first be placed in a hot pan for a few minutes to accelerate drying. It has been reported that the larvae can also be roasted over low heat until completely dried (about 45 min) or oven dried [47]. The authors [66] showed that dried maggots can be stored at room temperature for 30 days without deterioration.

7 NUTRITIONAL VALUES OF MAGGOTS

Both *M. domestica* and *H. illucens* larvae can be used as a protein source for fish, poultry or pigs. The use of *H. illucens* larvae in fish and shrimp feed has been extensively tested [67], while this is less the case for *M. domestica* larvae. *Musca domestica* larvae and pupae have a higher crude protein content and lower lipid content than those of *H. illucens* [9]. Another different composition is the abundance of lauric acid in *H. illucens* larvae and it's near absence in *M. domestica* larvae [68]. This difference may be an advantage for the use of *H. illucens* larvae compared to *M. domestica* larvae, as studies have shown that this fatty acid is important for the health of the animals that consume it [69] and is a suitable source of lipid in poultry diets [70], [71]. However, when *H. illucens* larvae are used commercially in feed, a defatting step is usually included to improve their suitability as an ingredient [69]. The digestibility of *H. illucens* pupae is lower than for *M. domestica* pupae or *H. illucens* larvae, when used as feed for broilers, pigs, dogs or cats, probably due to the highly mineralized exoskeleton. Dried *M. domestica* larvae are small and can be added directly to feed, whereas dried *H. illucens* larvae may need to be ground first, which may be a disadvantage in developing countries [49]. In any case, the amino acid profile of these two fly species is similar to that of fishmeal, which is the conventional standard in aquaculture [72].

Maggots can provide between 34% and 60% protein and about 4% to 40% lipids [18], [73]. However, their nutritional profile varies according to the substrates used for their production. **Table 3** shows some values of protein and lipid content in maggots (% of dry matter) according to the substrates used.

Tableau 3. Protein and fat content of maggots according to some production substrates

Production substrates	Larva of *Musca domestica*		Larva of *Hermetia illucens*	
	Protein content in % DM	Fat content in % DM	Protein content in % DM	Fat content in % DM
Poultry manure	49	4	42	35
Pig manure	58	17	43	33
Rumen content	49	21	-	-
Cow dung	59	17	34-35	21
Horse manure	-	-	41	13
Brewery waste	-	-	37-45	27-39
Fruit and vegetable waste	-	-	38	42
Municipal solid waste	-	-	36-46	25-39
Animal manure	-	-	42-44	31-35
Vegetable waste	-	-	40	37
Sources	[5], [74]		[36], [75], [76], [77]	

Legend: DM = Dry Matter

The chemical composition of some insects has been published by [9] and [78] In general, black soldier fly larvae have high crude protein levels, ranging from 40 to 44% crude protein (% dry matter). Housefly larvae have protein levels ranging from 45 to 55% dry matter. These levels can reach 70% for the silkworm (*Bombyx mori*) (**Table 4**). Their fat content varies between 12 and 25%, and can become very high, up to 40% DM in *Tenebrio molitor* larvae. Nutrient concentrations change dynamically during metamorphosis, as shown by [79] with the example of the black soldier fly.

Tableau 4. Chemical composition of M. domestica and H. illucens larval meals compared to other protein sources [7], [80]

Sources of nutrients	Ashes (% DM)	Crude Fat (% DM)	Crude Protein (% DM)	Total Lysine (% DM)	Total Methionine (% DM)
Musca domestica	10,1 ± 3,3	18,9 ± 5,6	50,4 ± 5,3	3,07	1,11
Hermetia illucens	20,6 ± 6,0	26,0 ± 8,3	42,1 ± 1,0	2,78	0,88
Tenebrio mollitor	3,1 ±0,9	36,1 ± 4,1	52,8 ± 4,2	2,86	0,79
Bombyx mori	5,8 ± 2,4	25,7 ± 9,0	60,7 ± 7,0	4,25	2,12
Soybean meal	7,0	2,2	50,0	3,05	0,67
Fish meal	16,3	10,1	71,8	5,31	1,94

Legends: %DM = percentage of dry matter

8 ZOOTECHNICAL PERFORMANCE OF ANIMALS FED WITH MAGGOTS

The maggots produced represent an alternative source of protein available for animal feed. Several studies have shown their ability to efficiently replace conventional protein sources, especially fishmeal, in poultry feeds without decreasing their performance [4], [5], [7], [14], [49]. In Burkina Faso, studies have shown that the best time of day to supplement with maggots in chickens is around 12: 00. However, in *Guinea fowl* maggots can be supplemented at any time of the day [5], [7]. In addition, chickens fed with fresh maggots provided higher carcass yields than those fed a maggot-free ration (71.63% versus 68.61%). On the other hand, chicks fed with fresh maggots in intensive rearing had higher weights (788.84 g) than the control (617.91 g) [18]. In Benin, [81] showed that the use of fresh maggots as a feed supplement increases the number of eggs laid by free-ranging hens, reduces the laying interval and improves farmers' income. This would allow an optimal use of maggots, which is an alternative to the high cost of conventional protein sources used in poultry farming [81]. Also, [82] reported that the incorporation rate of 11.0% maggot meal results in better egg-laying growth of Barbary ducklings and at the same time reduces their mortality rate to less than 6%. In Ghana, *M. domestica* larvae are used as animal protein sources for poultry, pigs and fish [14]. In Niger, [83] report that substituting 50% fresh or dried maggots for fishmeal in the diets of growing local chickens had no effect on their body weight, but increased growth rate and feed consumption. It has been shown that dried maggots can replace groundnut meal in chicken diets without affecting their usual performance [84]. Maggots can replace 60% of soybean meal and 33% of fish meal in broiler diets without negatively affecting their zootechnical performance [85]. Current studies have shown that it is possible to replace up to 10% of the soybean in the diet of laying hens with black soldier fly maggots, without affecting the laying performance and physical health of the hens [86]. A recently published report indicates that the inclusion of dried black soldier fly prepupae meal improves egg weight and shell thickness compared to a diet without prepupae meal. However, no difference in production performance was observed [87]. For rainbow trout, rations based on black soldier fly maggots reared in omega-3 enriched substrates give comparable developmental results compared to conventional fishmeal rations [88]. In experiments conducted on broiler quails, *Coturnix coturnix japonica,* showed no difference between the control feed and two proportions of *H. illucens* larval meal on productive performance, meat weight and carcass yield [70], [89]. Supplementation with *H. illucens* larvae (50%) or total replacement of soybean meal in the diet of laying hens had no impact on hen health or performance and little or no effect on the eggs themselves [70], [90]. Furthermore, *H. illucens* larval meal has successfully replaced other conventional protein sources in the diet of Nile tilapia [91], *African catfish* [92] and many other fish species. Similarly, the inclusion of *H. illucens* larval meal in the diet of *Oreochromis niloticus* did not have negative effects on body weight gain, feed conversion and specific growth rates [10]. The authors [93] also found that the use of *H. illucens* larvae as a partial or total replacement for fishmeal increased the average daily gain of finishing pigs. Final body weight, fasting weight and carcass weight were significantly higher in the 50% and 100% *H. illucens* larvae supplemented groups than in the unsupplemented and 25% supplemented groups [93].

9 ECOLOGICAL SIGNIFICANCE OF MAGGOTS AND MAGGOT WASTE

9.1 WASTE TREATMENT

Maggots are used in the processing of animal and plant organic matter, organic household waste and brewery co-products [10], [29], [94]. Compared to other farmed insect species, the ability of maggots to degrade organic waste is recognized as one of the best [88]. Indeed, BLACK SOLDIER FLY maggots are able to reduce the total mass of organic household waste by 65.5 to 78.9% and at the same time produce protein-rich larvae [40]. The volume of organic matter after consumption by black soldier maggots is reduced by between 50 and 80% [48].

9.2 REDUCTION OF PATHOGENS

Maggots transform the nutrient substrate in which they live. They contain high levels of lauric acid, which has an antimicrobial effect on intestinal pathogens [95]. As a result, they are able to reduce the amount of pathogenic bacteria (*Escherichia coli, Salmonella enterica*) present in manures [41], [96].

9.3 PRODUCTION OF ORGANIC FERTILIZERS

Residues from maggot production can be used as a natural organic amendment to fertilize crops [97] A study was conducted in the west of Burkina Faso to assess the effects of poultry litter and maggot production residues on soil chemical fertility and maize yield. The results showed that the organic substrates did not have a significant effect on soil chemical parameters. However, the use of maggot production residues induced an 84% increase in maize yield compared to natural soil fertility [98] showed that maggot production residues could be combined with other organic substrates on farms with the prospect of reducing fertilizer use. Furthermore, [99] showed that composting organic waste using maggots is better than the current conventional method.

9.4 BIOFUEL PRODUCTION

The lipids produced by black soldier fly larvae are good candidates for biofuel and bio-lubricant production [97]. About 43.8 g biodiesel could be produced from 2000 black soldier fly larvae [58]. Indeed, studies by [100] on the fatty acid profile of black soldier fly larvae confirm that the fats produced are suitable for biofuel production.

10 CONCLUSION

Fly maggots can be easily produced on decomposing organic waste and successfully used to partially replace conventional protein sources such as fishmeal, soybean and oilcake in rations of animals fed without affecting their growth. The methods of production and use of these maggots are well documented and available to all. An adoption of the methods of production and use of maggots in animal feed can therefore contribute to reduce the cost of production for agro-pastoralists. This study adds to the literature on maggot production, extraction and drying methods, rearing of adult flies and chemical composition of maggots as well as zootechnical performance of maggot-fed animals. A wide range of substrates and containers are available to producers for better optimization of maggot production.

ACKNOWLEDGMENTS

The study was carried out with the financial support of Project No. 400540_177583 "Insects as Food and Feed in West Africa (IFWA) " which was funded by the Swiss Agency for Development and Cooperation of the Swiss National Science Foundation within the framework of the "Swiss Program for Research on Global Issues for Development (R4D) ". Marc Kenis was partially funded by the CABI Development Fund (contributions from the Australian Centre for International Agricultural Research, the UK's Department for International Development, and others).

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare no conflicts of interest regarding the publication of this paper.

REFERENCES

[1] FAO, FIDA, OMS, PAM, UNICEF, (2020). L'État de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde 2020. Transformer les systèmes alimentaires pour une alimentation saine et abordable. Rome, FAO.

[2] Van Huis, A., Dicke M. and van Loon J. J. A. (2015). «Insects to feed the world,» *Journal of Insects as Food and Feed,* vol. 1, no. 1, pp. 3–5.

[3] FAO, (2013). Edible insects: future prospects for food and feed security. Rome, FAO.

[4] Van Huis, A. (2013). Potential of Insects as Food and Feed in Assuring Food Security. *Annual Review of Entomology.* 58, 563–583.

[5] Traoré, I., Pousga, S., Sankara, F., Coulibaly, K., Nacoulma J.P., Kenis M., Mensah G.A. et Ouédraogo G.A. (2020). Étude du comportement alimentaire de la pintade locale (*Numida meleagris,* L.) à l'Ouest du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci*., 14 (1): 154-169. DOI: https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v14i1.13. 2.

[6] FAO, (2017). FAO advisory note on fall armyworm (FAW) in Africa. Advisory note 5. June 2017. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. http://www.fao.org/3/abs914e.pdf

[7] Traoré, I., Pousga, S., Sankara, F., Zongo, Z.G., Coulibaly, K, Nacoulma, J.P., Kenis M. et Ouédraogo G.A. (2020). Influence des larves séchées de mouches domestiques (*Musca domestica,* L.) sur la prise alimentaire du poulet local (*Gallus domesticus,* L.) au Burkina Faso. *Journal of Animal & Plant Sciences.* ISSN 2071-7024. Vol.45 (2): 7884-7899 DOI: https://doi.org/10.35759/JAnmPlSci.v45-2.2.

[8] Chia, S.Y., Tanga, C.M., Khamis, F.M., Mohamed, S. A., Salifu, D., Sevgan, S., Fiaboe, K.K.M., Niassy, S., van Loon, J.J.A., Dicke, M. and Ekesi, S. (2018) Threshold temperatures and thermal requirements of black soldier fly *Hermetia illucens*: Implications for mass production. *PLoS ONE* 13 (11): e0206097. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206097.

[9] Makkar, H. P., Tran, G., Heuzé, V. and Ankers, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*. 197, 1-33.

[10] Devic, E., Leschen, W., Murray, F. and Little, D.C. (2018). Growth performance, feed utilization and body composition of advanced nursing Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed diets containing Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae meal. *Aquac. Nutr*., 24: 416–423. DOI: 10.1111/anu.1257.

[11] Pomalégni, S.C.B., Gbemavo, D.S.J.C., Kpade, C.P., Babatounde, S, Chrysostome, C.A.A.M., Koudande, O.D., Kenis, M., Glele Kakaï, R.L. and Mensah, G.A. (2016). Perceptions et facteurs déterminant l'utilisation des asticots dans l'alimentation des poulets locaux (*Gallus gallus*) au Bénin. *Journal of Applied Bioscience* 98: 9330 – 9343.

[12] Ouédraogo, Z.I., Kiendrebeogo, T., Millogo, D.X., Sawadogo, D.P., Koara, H. et Bougouma-Yameogo V.M.C. (2022). Influence de rations incorporant des provendes de mangues et un concentré d'asticots en remplacement au maïs et à la farine de poisson sur les performances de croissance et la qualité des carcasses de poulets de chair «poulet de faso». *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologies,* 39, 147 – 166.

[13] Henry, M.A., Gasco, L., Chatzifotis, S. & Piccolo, G. (2018). Does dietary insect meal affect the fish immune system? The case of mealworm, *Tenebrio molitor* on European sea bass, *Dicentrarchus labrax*. *Dev. Comp. Immunol*. 81, 204–209.

[14] Kenis, M., Koné, N., Chrysostome, C.A.A.M., Devic, E., Koko, G.K.D., Clottey, V.A., Nacambo, S. and Mensah, G.A. (2014). *Insects used for animal feed in West Africa. Entomologia* 2: 107–114. DOI: 10.4081/entomologia.2014.218

[15] Goubalan, B.A.Y., Saïdou, A., Clottey, V., Chrysostome, C.A.A.M., Kenis, M. and Mensah, G.A. (2017). Typology of organic residues attracting flies and their utilization in the agricultural sector in southern Benin. *Inernational Journal of Biologie and Chemical Science,* 11 (6): 2560-2572. DOI: https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i6.1.

[16] Pousga, S., Sankara, F., Coulibaly. K., Nacoulma, J.P., Ouédraogo, S., Kenis, M., Chrysostome, C. et Ouédraogo, G.A. (2019). Effets du remplacement de la farine de poisson par les termites (Macrotermes sp.) sur l'évolution pondérale et les caractéristiques de carcasse de la volaille locale au Burkina Faso. *Afr. J. Food Agric. Nutr. Dev*., 19 (2): 14354-14371. DOI: http://dx.doi.org/10.18697/ajfand.85.174.30.

[17] Sanou, A.G. (2019). Étude de facteurs de développement de *Musca domestica* L. (diptera: muscidae) et mise au point de systèmes de production de masse de l'insecte pour l'alimentation de la volaille. Thèse de Doctorat, Université Nazi BONI, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, p. 214.

[18] Traoré, I. (2022). Qualité nutritionnelle des asticots et des termites dans l'alimentation des poulets (*Gallus domesticus,* L.) et des pintades (*Numida meleagris,* L.) locaux au Burkina Faso. Thèse de Doctorat, Université Nazi BONI, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso, p. 164.

[19] Sarwar, M. (2020). Typical flies: Natural history, lifestyle and diversity of Diptera. In Life Cycle and Development of Diptera. IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.91391.

[20] Sankara, F., Pousga, S., Dao, N.C.A., Gbemavo, D.S.J.C., Clottey, V.A., Coulibaly, K., Nacoulma, J.P., Ouédraogo, S. and Kenis, M. (2018). Indigenous knowledge and potential of termites as poultry feed in Burkina Faso. *J. Insects Food and Feed* 4: 211-218. DOI: 10.3920/JIFF2017.0070.

[21] Dao, A.N.C., Sankara, F., Pousga, S., Coulibaly, K., Nacoulma, J.P., Ouédraogo, S., Kenis, M. and Somda, I. (2020). Traditional methods of harvesting termites used as poultry feed in Burkina Faso. *Int. J. Trop. Insect Sci.* Available online. DOI: https://doi.org/10.1007/s42690-01900059-w.

[22] Sánchez-Muros, M.J., Barroso, F.G., and Manzano-Agugliaro, F. (2014). Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. *J. Cleaner Prod.* 65, 16–27.

[23] Ijaiya, A.T., Eko, E.O. (2009). Effect of replacing dietary fish meal with silkworm (*Anaphe infracta*) caterpillar meal on performance, carcass characteristics and haematological parameters of finishing broiler chicken. *Pakistan Journal of Nutrition,* 8 (6): 850–855.

[24] Duvallet, G. (2017). Chapitre 9:.Généralités sur les diptères (Diptera). Extrait du livre « Entomologie médicales et vétérinaires ». p. 165-179. 10.4000/books.irdeditions.22028.

[25] Badii, B.K. (2020). Phylogeny and Functional Morphology of Diptera (Flies). In: Sarwar M, editor. Handbook of Life Cycle and Development of Diptera. Open access peer-reviewed chapter; DOI: 10.5772/intechopen.90421.

[26] Sanou, A.G., Sankara, F., Pousga, S., Coulibaly, K., Nacoulma, J.P., Kenis, M., Clottey, V.A., Nacro, S. and Somda, I. (2019a). Farmers' perception of the use of fly larvae in poultry feed in Burkina Faso. *African Entomology* 27: 373 –385. DOI: https://doi.org/10.4001/003.027.0373.

[27] Sanou, A.G., Sankara, F., Pousga, S., Coulibaly, K., Nacoulma, J.P., Ouédraogo, I., Nacro, S., Kenis, M., Sanon, A. et Somda, I. (2019b). Production de masse de larves de *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) pour l'aviculture au Burkina Faso: Analyse des facteurs déterminants en oviposition naturelle. *Journal of Applied Bioscience* 134: 13689 – 13701. DOI: https://dx.doi.org/10.4314/jab.v134i1.6.

[28] Dortmans, B., Diener, S., Verstappen, B., and Zurbrügg, C. (2017). Black Soldier Fly Biowaste Processing. https://doi.org/10.1117/12.464354.

[29] Nakamura, S., Ichiki, R.T., Shimoda, M. and Morioka, S. (2016). Small-scale rearing of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae), in the laboratory: lowcost and year-round rearing. *Appl. Entomol. Zool*., 51: 161–166. DOI 10.1007/s13335-015-0376-1.

[30] Robertson, A., Ward, D. et Lachance S. (2015). Lutte contre la mouche domestique dans l'élevage des volailles. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales. Toronto, Canada. 44 P.

[31] Lubac, S. (2006). *La mouche domestique en élevage de volailles*. Institut Technique de l'Aviculture, Lyon, France. 6 P.

[32] Diclaro, J.W. and Kaufman, P.E. (2009). Black soldier fly *Hermetia illucens* Linnaeus (Insecta: Diptera: Stratiomyidae). University of Florida IFAS Extension, 461: 1-4.

[33] Tomberlin, J.K., Adler P.H. and Myers, H.M. (2009). Development of the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) in relation to temperature. *Environ. Entomol*. 38: 930–934.

[34] Kim, J.G., Choi, Y.C., Choi, J.Y., Kim, W.T., Jeong, G.S., Park, K.H. and Hwang S.J. (2008). Ecology of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera; Stratiomyidae) in Korea. *Korean Journal of Applied Entomology* 47, 337–343.

[35] Tomberlin, J.K., and Sheppard, D.C. (2002). Factors influencing mating and oviposition of black soldier flies (Diptera: Stratiomyidae) in a colony. *J. Entomol. Sci.* 37: 345–352.

[36] Newton, G.L., Sheppard, D.C., Watson, D.W., Burtle, G.J., Dove, C.R., Tomberlin, J.K. and Thelen, E.E. (2005). The black soldier fly, *Hermetia illucens,* as a manure management/resource recovery tool. *Symposium on the state of the science of Animal Manure and Waste Management,* 5–7. San Antonio, January 2015.

[37] Da Silva, G.D.P., and Hesselberg, T. (2019). A Review of the Use of Black Soldier Fly Larvae, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae), to Compost Organic Waste in Tropical Regions. *Neotropical Entomology,* 49 (2): 151-162. doi: 10.1007/s13744-019-00719-z.

[38] Tomberlin, J.K., Sheppard, D.C. and Joyce, J.A. (2002). Selected life-history traits of black soldier flies (Diptera: Stratiomyidae) reared on three artificial diets. *Annal. Entomol. Soc. Am*., 95 (3): 379–386. DOI: 10.1603/00138746 (2002) 095 [0379: SLHTOB] 2.0.CO; 2.

[39] De Smet, J., Wynants, E., Cos, P. and Van Campenhout, L. (2018). Microbial community dynamics during rearing of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) and impact on exploitation potential. *Applied and Environmental Microbiology* 84: 1-17. https://doi. org/10.1128/AEM.02722-17.

[40] Diener, S., Solano, N.M.S., Gutiérrez, F.R., Zurbrügg, C. and Tockner, K. (2011). Biological treatment of municipal organic waste using black soldier fly larvae. *Waste Biomass Valorization* 2, 357– 363.

[41] Lalander, C., Diener, S., Magri, M.E., Zurbrügg, C., Lindström, A. and Vinnerås, B. (2013). Faecal sludge management with the larvae of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) - From a hygiene aspect. Sci Total Environ [Internet]. 2013; 458–460 (May): 312–8. Available from.

[42] Nguyen, T.T.X., Tomberlin, J.K. and Vanlaerhoven, S. (2015). Abilityofblack soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae to recycle food waste. *Environmental Entomology* 44: 406–410.

[43] Sanou, A.G., Sankara, F., Pousga, S., Coulibaly, K., Nacoulma, J.P., Kenis, M., Clottey, V.A., Nacro, S. and Somda I. (2018). Indigenous practices in poultry farming using maggots in Western Burkina Faso. *Journal of Insects as Food and Feed* 4: 219-228. DOI: https://doi.org/10.3920/JIFF2018.0004.

[44] Sankara, F. (2017). Co-construction de techniques de production, d'extraction et de séchage de larves de mouche domestique à l'Ouest du Burkina Faso. Mémoire d'Ingénieur du développement rural, option: Vulgarisation Agricole, Institut du Développement Rural, Université Nazi BONI, Bobo-Dioulasso, Burkina Faso.69P

[45] Sankara, F., Sankara, F., Pousga, S., Bamogo, W.J.M., Coulibaly, K., Nacoulma, J.P., Somda, I and Kenis, M. (2022). Influence des attractifs sur la production des larves de la mouche domestique (*Musca domestica* L. (1758)) pour l'alimentation avicole dans la zone ouest du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci*. 16 (3): 1217-1231. DOI: https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v16i3.25.

[46] Caruso D., Devic E., Subamia I.W., Talamond P. and Baras E. (2014). Technical handbook of domestication and production of Diptera Black Soldier Fly (BLACK SOLDIER FLY) *Hermetia illucens,* Stratiomyidae. PT Penerbit IPB Press, Kampus IPB Taman Kencana, Bogor, 141 pp.

[47] Sankara, F., Sankara, F., Pousga, S., Coulibaly, K., Nacoulma J.P., Somda, I. et Kenis, M. (2021). Amélioration de techniques de production, d'extraction et de séchage des asticots domestiques (*Musca domestica* Linnaeus, 1758) utilisées dans l'alimentation des volailles au Burkina Faso. *Journal of Animal fd& Plant Sciences.* ISSN 2071-7024; Vol.50 (1): 8998-9013. DOI: https://doi.org/10.35759/JAnmPlSci.v50-1.4.

[48] Conrad, G. et Conyard, V. (2019). Elevage de mouches soldats noires.
https://wiki.lowtechlab.org/wiki/Elevage_de_Mouches_Soldats_Noires. Consulté le 19 décembre 2019 à 15h 42 mn.

[49] Kenis, M., Bouwassi, B., Boafo, H., Devic, E., Han, R., Koko, G., Koné, N'G., Maciel-Vergara, G., Nacambo, S., Pomalégni, S.C.B., Roffeis, M., Wakefield, M., Zhu, F. and Fitches, E. (2018). Small-scale fly larvae production for animal feed. In: Halloran A, Flore R, Vantomme P. and Roos N (Eds.) *Edible insects in Sustainable Food Systems*. Springer 239-261. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-31974011-9_15.

[50] Čičková, H., Pastor, B., Kozánek, M., Martínez-Sánchez, A., Rojo, S., and Takáč, P. (2012). Biodegradation of Pig Manure by the Housefly, *Musca domestica*: A Viable Ecological Strategy for Pig Manure Management. *PLoS ONE* 7 (3), 32798.

[51] Wang, H., Zhang, Z., Czapar, G.F., Winkler, M.K. and Zheng, J. (2013). A full-scale house fly (Diptera: Muscidae) larvae bioconversion system for value-added swine manure reduction. Waste Manag. Res. 31 (2), 223e231. https://doi.org/10.1177/ 0734242X12469431.

[52] Cortes Ortiz J.A., Ruiz A.T., Morales-Ramos J.A., Thomas M., Rojas M.G., Tomberlin J.K., Yi L., Han R., Giroud, L. and Jullien, R.L. (2016). Insect Mass Production Technologies. Insects as Sustainable Food Ingredients: Production, Processing and Food Applications. Chapitre 6, 153-201. http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-802856-8.00006-5.

[53] Malivel, A. (2014). *Le mini-élevage des asticots ou la « larviculture »*. Rédigé pour les élèves et les responsables du centre Songhaï de Porto-Novo. Bénin. 39 P.

[54] Schneider, J.C. (2019). Effects of light intensity on mating of the black soldier fly (*Hermetia illucens,* Diptera: Stratiomyidae). *Journal of Insects as Food and Feed*: 6 (2) - Pages: 111 – 119.
DOI: https://doi.org/10.3920/JIFF2019.0003.

[55] Heussler, C.D., Walter, A., Oberkofler, H., Insam, H., Arthofer, W., Schlick-steiner, B.C., and Steiner, F.M. (2018). Influence of three artificial light sources on oviposition and half-life of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae): Improving small-scale indoor rearing. *PLoS One*. 40–5.

[56] Hoc, B., Noël, G., Carpentier, J., Francis, F. and Caparros Megido, R. (2019). Optimization of black soldier fly (*Hermetia illucens*) artificial reproduction. *PLoS ONE* 14 (4): e0216160.https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216160.

[57] Park, K., Kim, W., Kim, E., Choi, J., Kim, S. ' (2016). Effect of adult population density on egg production in the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *International Journal of Industrial Entomology* 33 (2), 92-95. https://doi.org/10.7852/ijie.2016.33.2.92.

[58] Zheng, L., Crippen, T.L., Holmes, L., Singh, B., Pimsler, M.L., Benbow, M.E., Tarone, A.M., Dowd, S., Yu, Z., VanLaerhoven, S.L., Wood, T.K. and Tomberlin, J.K. (2013). Bacteria mediate oviposition by the black soldier fly, *Hermetia illucens* (L.), (Diptera: Stratiomyidae). *Nature Scientific Report*. 3, 2563.

[59] Zhang, J., L. Huang, J. He, J. K. Tomberlin, J. Li, C. Lei, M. Sun, Z. Liu, and Z. Yu. (2010). An artificial light source influences mating and oviposition of black soldier flies, *Hermetia illucens*. *J. Insect Sci*. 10: 202.

[60] Oonincx, D. G., Volk, N., Diehl, J. J., van Loon, J. J. and Belušič, G. (2016). Photoreceptor spectral sensitivity of the compound eyes of black soldier fly (*Hermetia illucens*) informing the design of LED-based illumination to enhance indoor reproduction. *J. Insect Physiol.* 95: 133–139.

[61] Sogbesan, A. O., Ajuonu, N., Mussa, B. O., and Adewole, A. (2006). Harvesting technique and evaluation maggot meals as animal dietary protein source for Heteoclarias in outdoor concrete tanks. *World Journal Agricultural Science* 2 (4), 394-402.

[62] Pomalégni, S.C.B., Vignonzan, C.M., Tankpinou, M.K., Dassou, B.B.D., Gbemavo, D.S.J.C., Kpade, C.P. and Mensah, G.A. (2017). Technique de récolte des larves de mouche par un extracteur pour l'alimentation animale, fiche technique. Dépôt légal N°9549 du 04/ 08/2017, Bibliothèque Nationale du Bénin 3ème trimestre. ISBN 978-99919-801-8-8.

[63] Koné, N'g., Sylla, M., Nacambo, S. and Kenis, M. (2017). Production of house fly larvae for animal feed through natural oviposition. *Journal of Insects as Food and Feed* 3 (3): 177-186. DOI: https://doi.org/10.3920/JIFF2016.0044.

[64] Goubalan, A.Y.B., Saïdou, A., Chrysostome, C.A.A.M., Kenis, M., Amadji, G.L., Igué, A.M. and Mensah G.A., (2019). Physical and Chemical Properties of the Agroprocessing By-products Decomposed by Larvae of *Musca domestica* and *Hermetia illucens*. *Waste and Biomass Valorization,* 11 (2): 9p.

[65] Boafo, H.A., Gbemavo, D.S.J.C., Timpong-Jones, E.C., Eziah, V., Billah, M., Chia, S.Y., Aidoo, O.F., Clottey, V.A. and Kenis, M. (2022). Substrates most preferred for black soldier fly *Hermetia illucens* (L.) oviposition are not the most suitable for their larval development. *Journal of Insects as Food and Feed.* 5, 16-27.

[66] Vignonzan, M.K.M., Pomalegni, S.C.B., Dakpogan, H. and Accrombessi, D.F. (2021). Influence des méthodes de suppression de vie, du mode de séchage et de la durée de stockage sur la composition chimique des asticots domestique (*Musca domestica*). CAHIERS DU CBRSI, Agriculture environnement et sciences de l'ingénieur, 19: 127-139, ISSN: 1840-703X, Cotonou (Bénin). Dépôt légal n° 13378 du 07/10/2021. Bibliothèque Nationale du Bénin.

[67] Van Huis, A. and Tomberlin J. (2017). Insects as food and feed: from production to consumption. *Wageningen Academic Publishers,* Wageningen, the Netherlands, 414 pp.

[68] Finke, M.D. and Oonincx, D.G.A.B. (2017). Nutrient content of insects. In: Van Huis, A. and Tomberlin, J.K. (eds) Insects as food and feed: from production to consumption. *Wageningen Academic Publishers,* Wageningen, the Netherlands, pp. 290-317.

[69] Gasco, L., Gai, F., Maricchiolo, G., Genovese, L., Ragonese, S., Bottari T. and Caruso, G. (2018). Feeds for the aquaculture sector (Current situation and alternative sources). Springer briefs in molecular science. *Chem. Foods*. 1-111.

[70] Schiavone, A., De Marco, M., Martínez, S., Dabbou, S., Renna, M., Madrid, J. Hernandez, F., Rotolo, L., Costa P. and Gai F., (2017). Nutritional value of a partially defatted and a highly defatted black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) meal for broiler chickens: Apparent nutrient digestibility, apparent metabolizable energy and apparent ileal amino acid digestibility. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 8, 51.

[71] Kierończyk, B., Sypniewski J., Rawski M., Czekała W., Świątkiewicz S. and Józefiak, D. (2020). From waste to sustainable feed material: the effect of Hermetia illucens oil on the growth performance, nutrient digestibility, and gastrointestinal tract morphometry of broiler chickens. *Ann. Anim. Sci.,* 20: 157–177.

[72] Barroso, F.G., de Haro, C., Sanchez-Muros, M.J., Venegas, E., Martínez-Sánchez, A., Pérez-Bañón, C. (2014). The potential of various insect species for use as food for fish. *Aquaculture* 422–423: 193–201. https://doi.org/10.1016/j. aquaculture.2013.12.024

[73] Spranghers, T., Ottoboni, M., Klootwijk, C., Ovyn, A., Deboosere, S., De Meulenaer, B., Michiels, J., Eeckhout, M., De Clercq, P. and De Smet, S. (2017). Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. *J. Sci. Food Agr.*, 97: 2594–2600.

[74] Akilimali, J.I., Shukuru, D.W., Muzee, L.K., Ntagereka, B.P. et Baluku, J.P.B. (2019). Essaie de production et composition chimique des asticots élevés sur des substrats locaux au Sud-Kivu (RDC). *Journal of Applied Biosciences* 142: 14529 – 14539. 11p. DOI: https://dx.doi.org/10.4314/jab.v142i1.7.

[75] Mutafela, R.N. (2015). High value organic waste treatment via black soldier fly Bioconversion: Onsite Pilot Study. Master's thesis, Royal Institute of Technology.

[76] Tschirner, M. and Simon, A., (2015). Influence of Different Growing Substrates and Processing on the Nutrient Composition of Black Soldier Fly Larvae Destined for Animal Feed. *Journal of Insects as Food and Feed,* 1, 249-259. https://doi.org/10.3920/JIFF2014.0008.

[77] St-Hilaire, S., Cranfill, K., McGuire, M.A., Mosley, E.E., Tomberlin, J.K., Newton, L., Sealey, W., Sheppard, C. and Irving, S. (2007). Fish offal recycling by the black soldier fly produces a foodstuff high in omega-3 fatty acids. *J. World Aquac*. Soc. 38, 309–313.

[78] Rumpold, B.A. And Schlu.

[79] Liu, X., Chen, X., Wang, H., Yang, Q., Rehman, K., Li, W. and Zheng, L. (2017). Dynamic changes of nutrient composition throughout the entire life cycle of black soldier fly. 1–21.

[80] Cissé, M. (2019). Comparaison de différentes techniques de prétraitement et de séchage sur la charge microbienne, les caractéristiques physicochimiques et nutritionnelles des larves de mouches soldats noires (Hermetia illucens) comme aliment alternatif pour l'alimentation animale. Maîtrise en sciences animales, Université de Laval. Québec, Canada. 106 p.

[81] Edénakpo, K.A., Ahoyo Adjovi, N.R., Pomalégni, S.C.B., Anato, C.H., Amagnide, A., Aboh, A.B., Chrysostome, C.A.A.M. et Mensah G.A. (2020). Influence des rations alimentaires à base d'asticots sur la reproduction des poulets locaux au Bénin. *Agronomie Africaine.* 32 (1): 15– 24.

[82] Mensah, G.A., Pomalégni, S.C.B., Koudjou, A.L., Cakpovi, J.C.G., Adjahoutonon, K.Y.K.B. et Agoundo, A. (2007): Farine d'asticots de mouche, une source de protéines bien valorisée dans l'alimentation des canards de barbarie. Acte du 1er Colloque de l'UAC des Sciences et Cultures. *Sciences Naturelles et Agronomiques*. Abomey-Calavi (Bénin). In

[83] Hamani, B., Moula, N., Taffa, A.G., Leyo, I.H., Mahamadou, C., Detilleux, J. and Van Q.C.D. (2022). Effect of housefly (*Musca domestica*) larvae on the growth performance and carcass characteristics of local chickens in Niger, *Veterinary World,* 15 (7): 1738-1748.

[84] Adeniji, A.A. (2007). Effect of replacing groundnut cake with maggot meal in the diet of broilers. *International Journal of Poultry Science,* 6 (11): 822–825.

[85] Khan, M., Chand, N., Khan, S., Khan, R. and Sultan, A. (2018). Utilizing the house fly (*Musca domestica)* larva as an alternative to soybean meal in broiler ration during the starter phase. *Rev. Bras. Ciênc. Avícola*., 20 (1): 9–14.

[86] Star, L., Arsiwalla, T., Molist, F., Leushuis, R., Dalim, M. and Paul, A. (2020). Gradual provision of live black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae to older laying hens: Effect on production performance, egg quality, feather condition and behavior. *Animals;* 10 (2).

[87] Kawasaki, K., Hashimoto, Y., Hori, A., Kawasaki, T., Hirayasu, H., Iwase, S., Hashizume, A., Ido, A., Miura, C. and Miura, T. (2019). Evaluation of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae and Pre-Pupae Raised on Household Organic Waste, as Potential Ingredients for Poultry Feed. *Animals,* 9, 98.

[88] Wang, Y.S. and Shelomi, M. (2017). Review of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as *Animal Feed and Human Food. Foods,* 6 (10), 91. https://doi.org/10.3390/foods6100091.

[89] Cullere, M., Tasoniero, G., Giaccone, V., Miotti-Scapin, R., Claeys, E., De Smet, S. and Dalle Zotte A. (2016). Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: Apparent digestibility, excreta microbial load, feed choice, performance, carcass and meat traits. *Animals*. 10, 1923–1930.

[90] Maurer, V., Holinger, M., Amsler, Z., Früh, B., Wohlfahrt, J., Stamer, A. and Leiber, F. (2016). Replacement of soybean cake by *Hermetia illucens* meal in diets for layers. *Journal of Insects as Food and Feed, 2,* 83–90.

[91] Muin, H., Taufek, N.M., Kamarudin, M.S. and Razak S.A., 2017. Growth performance, feed utilization and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) fed with different levels of black soldier fly, *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) maggot meal diet. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*. 16 (2): 567 - 577.

[92] Adewolu, M.A., Ikenweiwe, N.B. and Mulero, S.M. (2010). Evaluation of an animal protein mixture as a replacement for fish meal in practical diets for fingerlings of Clarias gariepinus (Burchell, 1822). *Israel Journal of Aquaculture-Bamidgeh*. 62 (4): 237-244.

[93] Chia, S.Y., Tanga, C.M., Osuga, I., Alaru, A., Mwangi, D., Githinji, M., Dubois, T., Ekesi, S., van Loon J.J.A. and Dicke M. (2021). Black soldier fly larval meal in feed enhances growth performance, carcass yield and meat quality of finishing pigs. *Journal of Insects as Food and Feed,* 2021, 7, 433–447.

[94] Gold, M., Tomberlin, J.K., Diener, S., Zurbrügg, C., and Mathys, A. (2018). Decomposition of biowaste macronutrients, microbes, and chemicals in black soldier fly larval treatment : A review. *Waste Management,* 82, 302–318. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.10.022

[95] Kim, B., Bang, H.T., Kim, K.H., Kim, M.J., Jeong, J.Y., Chun, J.L., and Ji, S.Y. (2020). Evaluation of black soldier fly larvae oil as a dietary fat source in broiler chicken diets. *Journal of Animal and Sciences Technologies.* 62 (2): 187–97.

[96] Erickson, M.C., Islam, M., Sheppard C., Liao J. and Doyle M. P. (2004). Reduction of Escherichia coli 0157: H7 and Salmonella enterica serovar Enteritidis in chicken manure by larvae of the black soldier fly. *Journal of Food Protection* 67: 685-690.

[97] Van Huis, A. (2019). Welfare of farmed insects. *Journal of Insects as Food and Feed* 5: 159-162.

[98] Coulibaly, K., Sankara, F., Pousga, S., Philippe, J.N., Marc B.S. and Hassan B. (2020). Effects of poultry litter and the residues of maggot's production on chemical fertility of a lixisol and maize (*Zea mays* L.) yield in western of Burkina Faso. *Nigerian Jouranal of Soil.*

[99] Salam, M., Shahzadi, A., Zheng, H., Alam, F, Nabi, G., Dezhi, S., Ullah, W., Ammara, S., Ali, N. and Bilal, M. (2022). Effect of different environmental conditions on the growth and development of black soldier fly larvae and its utilization in solid waste management and pollution mitigation. *Environnemental Technology and Innovation*. 102649.

[100] Wang, W., Zhang, W., Wang, X., Lei, C., Tang, R., Zhang, F., Yang, Q., Zhu, F., (2017). Tracing heavy metals in 'swine manure-maggot-chicken' production chain. *Scientific Report*. 7 (1), 8417. https://doi.org/10.1038/s41598-017-07317-2.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 4 Jun. 2023, pp. 1617-1624
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Diversité et structure génétiques de *Clarias anguillaris* des bassins des fleuves Niger et Sénégal au Mali

[Genetic diversity and structure of *Clarias anguillaris* from the Niger and Senegal river basins in Mali]

Ramata Diop[1], Youssouf Sanogo[1], Adama Konaté[1], Siaka Dembélé[2], Sébastino Da Costa Kouassi[3], Sognan Dao[1], Rokiatou Fané[1], Kadiatou Traoré[1], Nanourou Dembélé[1], Drissa Konaté[1], Oumar Ouattara[1], Diakaridia Traoré[1], and Fassé Samaké[1]

[1]Laboratoire de Biologie Animale et Environnement, Faculté des Sciences et Techniques, Université des Sciences et Techniques et des Technologies de Bamako, Mali

[2]Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée, Koulikoro, Mali

[3]Laboratoire d'Ichtyologie et de Conservation des gènes de poissons, Station de Recherche sur la Pêche et l'Aquaculture Continentale, Centre National de Recherche Agronomique, Bouaké, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 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: Information on genetic diversity is essential in fish conservation programs, the constitution of gene banks and the selection of the most efficient strains. The objective of this contribution is to identify the genetic diversity of wild populations of Clarias anguillaris from river basins in Mali. Eight microsatellite markers (Cba11, Cba19, Cba20, Cga02, Cga06, Cga10, Cm12, Cma17) were used on fins taken from 131 fish. After DNA extraction and PCR amplification, the alleles obtained are separated on a 3% metaphor gel, visualized using the E-Box device. The data was analyzed using Power Marker V3.25 software. The results identified 54 alleles with an average polymorphism information content (PIC) of 0.60. The number of alleles per locus varied between 2 (Cba11) and 10 (Cba19). The rate of heterozygosity was between 0.16±0.07 and 0.14±0.05. The average heterozygosity observed was lower than that of the expected heterozygosity, i.e. 0.16±0.037 versus 0.34±0.04. Three genotypes have been recorded. Group 1 consists of samples from Mopti (Niger Basin) and Lake Magui (Senegal Basin), group 2 those from Sankarani (Niger Basin), Lake Magui and the Bafing and Bakoye rivers (Senegal Basin) and group 3 by those of the Bafing, Bakoye and Sankarani rivers. These results indicate a genetic diversity of the species in the river basins of Mali. The information will serve as guidance in conservation programs for *Clarias anguillaris* in Mali.

KEYWORDS: *Clarias anguillaris,* genetic diversity, heterozygosity, river basins, Mali.

RESUME: Les informations sur la diversité génétique sont essentielles dans les programmes de conservation des poissons, de la constitution des banques de gènes et la sélection des souches plus performantes. L'objectif de la présente contribution est de relever la diversité génétique des populations sauvages de *Clarias anguillaris* provenant des bassins fluviaux au Mali. Huit marqueurs microsatellites (Cba11, Cba19, Cba20, Cga02, Cga06, Cga10, Cm12, Cma17) ont été utilisés sur des nageoires prélevées sur 131 poissons. Après l'extraction de l'ADN et amplification par PCR, les allèles obtenus sont séparés sur un gel métaphore de 3%, visualisés à l'aide de l'appareil E-Box. Les données ont été analysées à l'aide du logiciel power marker V3.25. Les résultats ont permis d'identifier 54 allèles avec un contenu moyen d'information sur le polymorphisme (PIC) de 0,60. Le nombre d'allèles par locus a varié entre 2 (Cba11) et 10 (Cba19). Le taux de l'hétérozygotie était entre 0,16±0,07 et 0,14±0,05. La valeur moyenne d'hétérozygotie observée était inférieure à celle de l'hétérozygotie attendue soit 0,16±0,037 contre 0,34±0,04. Trois génotypes ont été enregistrés. Le groupe 1 est constitué des échantillons de Mopti (Bassin du Niger) et du Lac Magui (Bassin du Sénégal), le groupe 2 ceux du Sankarani (bassin du Niger), lac Magui et des rivières Bafing et Bakoye (bassin

Corresponding Author: Ramata Diop

du Sénégal) et le groupe 3 par ceux des rivières Bafing, Bakoye et Sankarani. Ces résultats indiquent une diversité génétique de l'espèce dans les bassins fluviaux du Mali. Les informations serviront d'orientations dans les programmes de conservation de *Clarias anguillaris* au Mali.

MOTS-CLEFS: *Clarias anguillaris,* diversité génétique, hétérozygotie, bassins fluviaux, Mali.

1 INTRODUCTION

Le genre *Clarias* regroupe des poissons de la famille des *Clariidae*. Il se trouve en Afrique avec 14 genres et 92 espèces ([1]). En Afrique de l'Ouest, le genre est représenté par 32 espèces et se rencontre dans tous les grands bassins fluviaux ([2]). Au Mali, il est représenté par deux espèces, *Clarias anguillaris et C. gariepinus* ([3]). Cependant, [4], [5], [6] et [7] soupçonnent la présence d'une autre espèce.

C. anguillaris est une espèce sauvage dans les bassins fluviaux au Mali ([8], [15], [4], [6]) L'espèce est exploitée dans tous les plans d'eau du pays et occupe une place importante dans la production de la pêche artisanale ([10]). Les pisciculture utilisent la souche sauvage, à côté de la souche améliorée, dans les étangs de production et font souvent recours à ses alevins pour satisfaire leur besoin.

Malgré l'importance économique et piscicole de *C. anguillaris* au Mali, les informations sur la relation phylogénétique entre les populations sont fragmentaires. Les travaux disponibles ont été effectués par [11] sur la population de la rivière Bakoye dans le bassin du fleuve Sénégal. L'analyse phylogénétique permet de préciser les relations évolutives entre différentes espèces ou organismes ([12]). Elle fait souvent intervenir l'usage de données moléculaires ([12]).

Les marqueurs microsatellites constituent l'une des méthodes moléculaires les plus fréquemment utilisées pour les analyses taxonomiques et systématiques de divers organismes ([13]; [14]).

Les informations obtenues peuvent influencer le développement des stratégies de gestion couplées à des stratégies de conservation de la biodiversité. La présente contribution a pour objectif d'étudier la diversité de la population naturelle de *C. anguillaris* en utilisant des marqueurs microsatellites.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 SITES DE PRÉLÈVEMENT

Les poissons ont été prélevés dans les débarcadères de la pêche artisanale le long des rivières Sankarani (lac de Sélingué), Bani et le cours principal du fleuve Niger dans le bassin du fleuve Niger et sur les rivières Bakoye, Bafing et au Lac Magui dans le bassin du fleuve Sénégal (figure 1). L'étude a porté sur 131 poissons collectés de façon aléatoire auprès des pêcheurs en septembre 2018 et en août 2020.

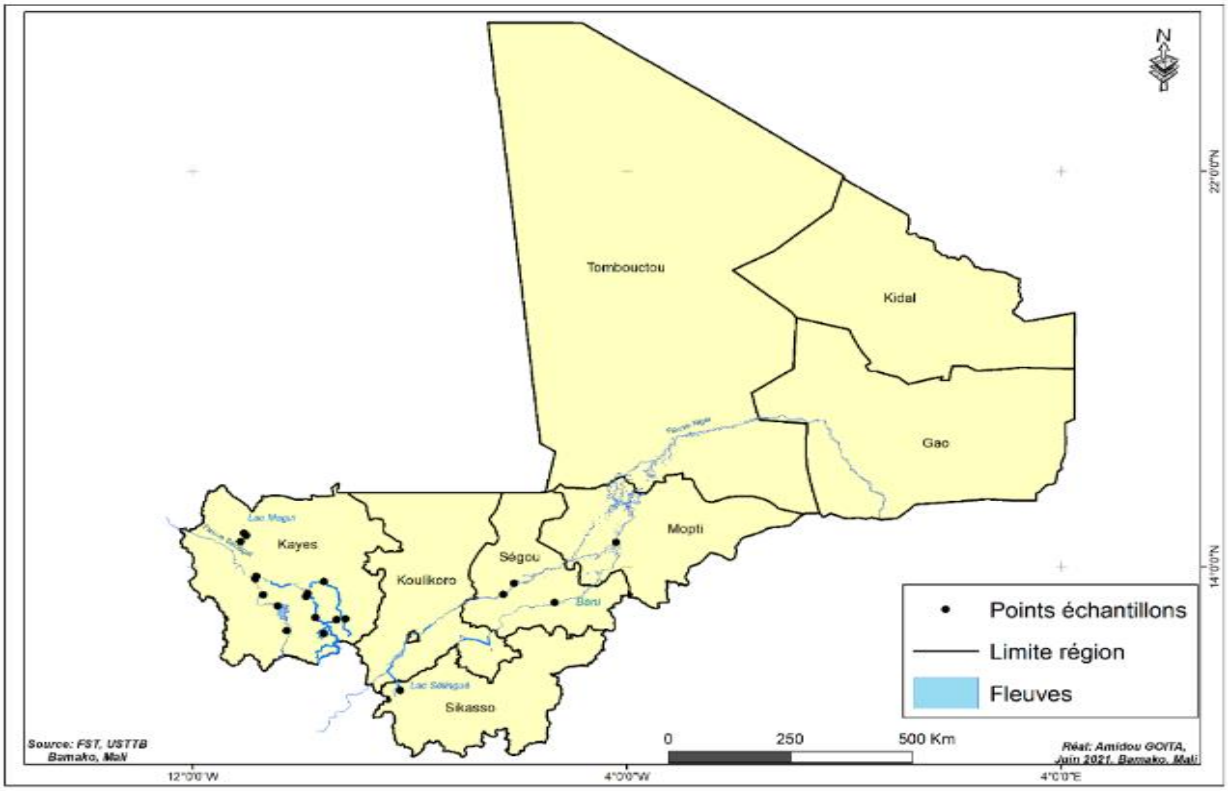


Fig. 1. Localisation des sites de prélèvement

2.2 EXTRACTION D'ADN

L'ADN génomique des poissons a été extrait à partir des morceaux de nageoires prélevés sur chaque sujet en utilisant le kit d'extraction Promega Reliaprep TM Blood DNA Miniprep System. Environ 2g de nageoire de chaque échantillon sont prélevés à l'aide d'un ciseau et introduits dans un tube Eppendorf de 1,5 ml contenant 250 µL d'une solution tampon (CTAB) puis incubés pendant 2 heures dans le bain-marie à une température de 55°C. Après incubation, le mélange est ensuite broyé à l'aide des pilons stériles dans des tubes Eppendorf de 1,5 ml. Le mélange obtenu a été dissout dans 250 µl d'une deuxième solution de lyse cellulaire enfin de détruire les membranes cellulaires des leucocytes.

Après homogénéisation, 20 µl de la solution de protéinase alcaline est ensuite ajoutée en vue de détruire les protéines. Le mélange est encore homogénéisé puis incubé pendant 5 minutes à la température ambiante. Un volume de 350 µl de la solution de neutralisation est ensuite ajouté pour neutraliser l'action des solutions précédentes. Le mélange est ensuite homogénéisé et porté à la centrifugation à la vitesse de 13200 rpm pendant 10 minutes. Les surnageants ont été récupérés dans des colonnes de spin placées sur des tubes de collecte. Les montages colonne-tube-collecteur ont été centrifugés à 13200 rpm pendant 1 minute (pour décanter la solution). Ce système permet de filtrer le mélange et de retenir les acides nucléiques (ADN) dans les colonnes de spin. Les colonnes de collection sont ensuite jetées et remplacées par d'autres colonnes de collection. Sept-cent cinquante microlitres (750 µl) de la solution de lavage (éthanol 70%) sont mis dans les colonnes de spin puis centrifugés à 13200 rpm pendant 1 min pour laver le contenu de la colonne. Cette étape est répétée deux fois. Les colonnes de spin contenant l'ADN, sont transférées sur de nouveaux tubes Eppendorf puis 100 µl de l'eau stérile (nucléase free water) sont mis dans les colonnes et le montage est ensuite centrifugé à 13200 rpm pendant 1 minute. A cette étape, l'eau stérile (nuclease free water) permet de diluer l'ADN et l'entrainer dans les tubes Eppendorf de 1,5 ml.

Enfin, l'ADN est conservé à -20°C dans le congélateur (comfort No Forst). Ainsi, les différents extraits d'ADN obtenus sont mis sur un gel d'agarose de 1% puis visualisés à l'aide de l'appareil Gel Documentation System E-BOX VX2 version 15.06. Cette étape permet d'estimer la qualité de l'ADN extrait par échantillon.

2.3 AMPLIFICATION DES EXTRAITS D'ADN PAR LES MARQUEURS MICROSATELLITES

Les extraits d'ADN ont été amplifiés en utilisant 8 paires d'amorces microsatellites (tableau 1). Un mélange réactionnel d'un volume total de 15 µl a été préparé à partir des ingrédients du kit Promega. Le mélange était composé de 4,2 µl d'eau, de 7,5 µl de master green, de 0,6 µl de l'amorces aller et retour et 1,5 ou 2 µl de l'ADN. Le mélange réactionnel a été réparti ensuite entre les micro-tubes PCR, puis mélangé à l'aide du vortex VWR INTERNATIONAL pour bien homogénéiser le contenu des tubes. Après, les micro-tubes ont été introduits dans le Thermocycleur (Alpha unit TM Block Assembly for PTC ADN EngineTM Systems) pour l'amplification en adoptant le programme suivant consigné dans le tableau 1. Les marqueurs microsatellites utilisés pour l'amplification, leur séquence et leurs températures d'hybridation sont résumés dans le tableau 2.

Tableau 1. Programme d'amplification adopté

Etapes	Température	Temps
Dénaturation initiale	94°C	5 mn
Dénaturation	94°C	1 mn
Hybridation	En fonction des SSRs	45s
Elongation	72°C	1mn
Elongation finale	72°C	10 mn
Conservation	4°C	∞

Le cycle (dénaturation, hybridation, élongation) a été répété 35 fois.

Tableau 2. Les marqueurs microsatellites utilisés pour identification moléculaire

Locus	Primer (5'–3')	Température
Cba11	F: CACCGCGCTCGTCATTCCATAGA R: CTGCGCGGGTTTCAGAATGTTAGG	64
Cba19	F: CAGGGCTAAATTACCCATAATCA R: GGCATGTGTTATAACATGTGAGG	58
Cba20	F: GAAACACGCCATCATGCCTAATA R: CCAAACGGAGCGGACAGG	57
Cga02	F: TACAGCGTCGATAAGCCAGG R: ACCTCTGAGATAAAACACAGC	57,3
Cga06	F: CAGCTCGTGTTTAATTTGGC R: TTGTACGAGAACCGTGCCAGG	58,3
Cga10	F: GCTGTAGCAAAAATGCAGATG R: TCTCCAGAGATCTAGGCTGTC	57,8
Cm12	F-5'-ATG ACC CTG TAA ATC TCC-3' R-5'-CTA CAT TCT CTC CGT CTCT-3'	53
Cma17	F-5'-CGC CAT TGT TGT GAT AAAG-3' R-5'-GAT GAA GAT AAA AGC GAA GGA-3'	53

2.4 ANALYSE DES DONNÉES

La taille des allèles de chaque amorce microsatellite est déterminée en paire de base en utilisant le logiciel E-Capt version 15.06. La diversité génétique de chaque locus est analysée sur la base des paramètres statistiques suivants: le nombre d'allèles, la fréquence des allèles, le nombre de génotypes, la diversité génétique et le PIC (Polymorphisme Information Content) en utilisant le logiciel Power Marker version 3.25.

L'hétérozygotie observée (Ho) et théorique (He), l'Indice de réduction de l'hétérozygotie (FIT), le coefficient de consanguinité (FIS) et la variance standardisée (FST) ont été calculés en utilisant le logiciel GenAlEx version 6.5.

L'arbre phylogénétique a été construit par la méthode UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean) avec le logiciel Power Marker version 3.25 et édité avec le logiciel MEGA 7.0 ([15]).

3 RÉSULTATS

3.1 VARIABILITÉ ALLÉLIQUE

Au total, 54 allèles ont été observés. Le nombre d'allèle a varié de 2 pour Cba11 à 10 pour Cba19 avec une moyenne de 6,75. Les marqueurs Cga06, Cga10, Cba19, Cm12 et Cm17 étaient polymorphes avec un pic > 0,50 et les marqueurs Cga02, Cba20 et Cba11 étaient peu polymorphes avec un pic < 0,50. Le pic moyen était de 0,60 montrant un polymorphisme au sein des marqueurs (tableau 3).

Tableau 3. Diversité génétique, hétérozygotie observée et attendue, PIC obtenus avec les huit marqueurs microsatellites

Marqueur	Nombre d'allèle	Taille des allèles	PIC	Fis	Fit	Fst
CgaO2	6	100-110	0,48	0,51	0,86	0,71
CgaO6	9	200-124	0,69	0,65	0,7	0,15
Cga10	9	142-105	0,58	0,13	0,22	0,1
Cba11	2	250-222	0,27	0,3	0,57	0,39
Cba19	10	275-200	0,81	0,95	0,97	0,42
Cba20	6	277-100	0,48	0,78	0,88	0,45
Cm12	4	126-112	0,65	1	1	0,65
Cm17	8	234-175	0,81	0,32	0,45	0,19
Total	54	-	4,77	4,64	5,65	3,06

Moyenne 6,75 - 0,60 0,58 0,70 0,38

Les profils de migration des échantillons d'ADN sont représentés sur la figure 2.

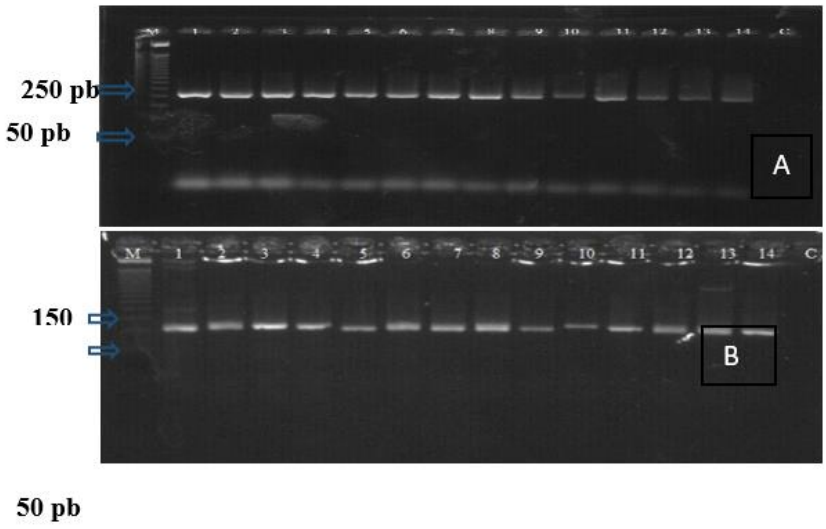


Fig. 2. Profils de migration des échantillons d'ADN de Clarias anguillaris amplifiés avec le marqueur Cba19 A et Cba20 B sur gel métaphore 3%. M: marqueur, 1-14: échantillons de Clarias; C: contrôle négatif

3.2 INDICE DE FIXATION OU F STATISTIQUES

Les niveaux de variations intra et inter-populations sont indiqués dans le tableau 3. Il s'agit des coefficients de consanguinité au sein de la population (Fis), entre la population (Fst) et la population globale (Fit) pour les 8 loci microsatellites. La consanguinité au sein de la population (Fis) a varié de 0,13 à 1 avec une moyenne de 0,58. La consanguinité entre les populations (Fst) était entre 0,1 et 0,71 avec une moyenne de 0,38. La consanguinité dans la population globale (Fit) a oscillé entre 0,45 et 1 avec une moyenne de 0,70. La valeur de Fst comprise entre 0 et 1 indique un déficit d'hétérozygotie.

3.3 HÉTÉROZYGOTIE

Les estimations d'hétérozygotie observées (Ho) et attendues (He) étaient faibles dans toutes les localités (tableau 4). L'hétérozygotie moyenne observée (Ho) est faible par rapport à hétérozygotie moyenne attendue (He) 0,16±0,037 contre 0,34±0,04 à l'équilibre de Hardy Weinberg traduisant un départ positif à l'équilibre de Hardy Weinberg. Les spécimens de *C. anguillaris* des différentes rivières prospectées sont modérément homogènes.

Le pourcentage de polymorphisme le plus élevé a été observé chez les échantillons du Lac Magui et le plus faible chez les échantillons de la rivière Sankarani. L'indice de diversité le plus élevé a été observé chez les échantillons de la rivière Bakoye et la plus faible chez les spécimens de la rivière Sankarani.

Tableau 4. Les valeurs moyennes de conformité à l'équilibre de Hardy-Weinberg

Pop	Valeur	Ho	He	F	%P	I
BAF	Moy	0,16±0,07	0,37±0,10	0,49	75,00	0,68±0,20
BAK	Moy	0,14±0,07	0,42±0,10	0,671	75,00	0,69±0,17
LAC	Moy	0,14±0,05	0,41±0,04	0,648	100,00	0,68±0,007
MOP	Moy	0,19±0,10	0,30±0,10	0,477	62,50	0,50±0,18
SAN	Moy	0,15±0,12	0,22±0,08	0,343	50,00	0,37±0,14
Total	Moy	0,16±0,037	0,34±0,04	0,54	72,50%	0,58±0,14

BAF: Bafing, BAK: Bakoye; LAC: Lac Magui; MOP: Mopti; SAN: Sankarani; I: indices de diversité; F: Indice de fixation; %P: pourcentage de polymorphisme; Ho: hétérozygotie observée; He: hétérozygotie entendue.

3.4 RELATION PHYLOGÉNIQUE

Les échantillons de *C. anguillaris* des rivières ont été répartis en trois génotypes, répartition faite en fonction des provenances (figure 3). Le groupe I était constitué des poissons de Mopti en violet pour 34,37% et du Lac Magui en rouge carré pour 67,63%. Le groupe II est composé des poissons de toutes les rivières et plans d'eau sauf le Sankarani: les poissons du Lac Magui étaient représentés par 25,00% alors que le Bafing, la Bakoye et Mopti étaient représentés respectivement par 50,00%, 12,50% et Mopti 12,50%. Le groupe III est constitué des échantillons des rivières Bafing en bleu (24,72%), Bakoye en vert (51,68%) et de la rivière Sankarani en cercle rouge (23,60%). Le groupe I comprenait 24,81% des poissons, le groupe II était constitué de 8,20% et le groupe III composé de 68,99%.

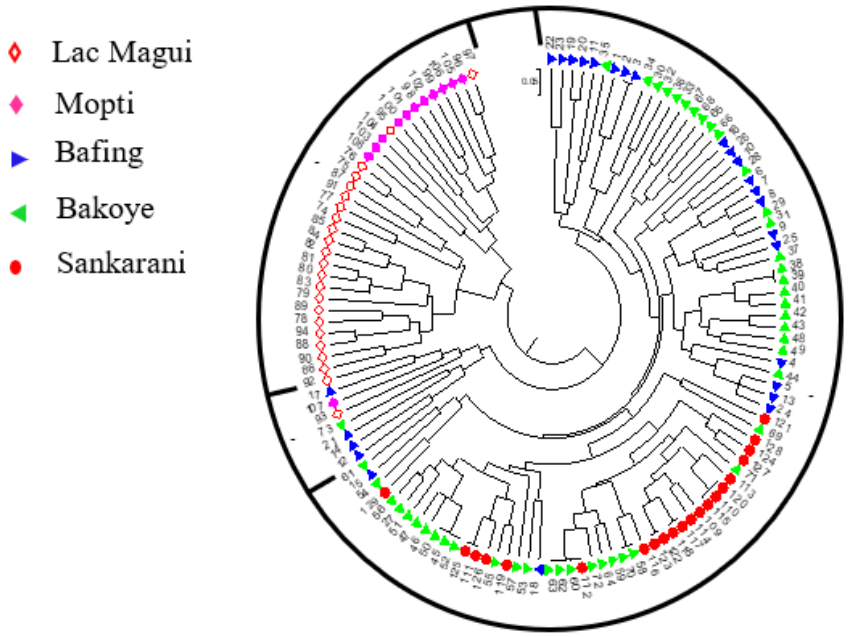


Fig. 3. Dendrogramme de C. anguillaris des rivières prospectées

4 DISCUSSION

L'étude a montré qu'il existe une diversité allélique chez *C. anguillaris* dans les cours d'eau au Mali. Le nombre d'allèles de notre étude est supérieur à celui obtenu par [16] chez *C. anguillaris* au Sénégal, soit 54 allèles contre 26 allèles. Mais ces auteurs ont utilisés 7 marqueurs microsatellites contre 8 dans notre étude. Le nombre d'allèles obtenus est égal à celui de *C. gariepinus* signalé par [17] en Inde mais avec 4 marqueurs.

Parmi les 8 loci utilisés, 5 étaient très polymorphes contre 3 peu polymorphes. La valeur du PIC moyen de la présente étude est différente de celle obtenu chez d'autres Clariidae notamment, *C. gariepinus* des cours d'eau d'Asejire et Lokoja au Nigéria soit 0,60 contre 0,78 signalé par [18] et 0,42 sur *Clarias anguillaris* de la rivière Bakoye au Mali par [11].

Le degré de différenciation génétique est faible au sein de la population de *C. anguillaris* des rivières Bafing, Bakoye, Sankarani, le cours principal du Niger à Mopti et le Lac Magui. Il en est de même entre les populations. Par contre, il est modéré pour la population globale de *C. anguillaris* collectée. Cela pourrait indiquer que les populations partagent toujours une certaine connectivité des cours d'eau.

L'étude a montré un déficit en hétérozygotes par rapport à l'équilibre de Hardy-Weinberg chez les *C. anguillaris* des rivières Bafing, Bakoye, Sankarani, le cours principal du Niger à Mopti et le Lac Magui qui sont l'effet Wahlund. Le déficit d'hétérozygotes entre les échantillons de cours d'eau pourrait s'expliquer par peu d'échange de gamètes entre ces poissons. Dans une population naturelle donnée, les individus ne peuvent pas toujours s'unir aléatoirement sur l'ensemble de leur aire de répartition, du fait de contraintes géographiques ou environnementales ([19]). Ils ont tendance à s'unir avec des individus géographiquement proches qu'avec des individus éloignés. La réduction de la taille d'une population est considérée comme l'un des rares facteurs pouvant être responsables d'un écart par rapport à l'équilibre de Hardy Weinberg ([20]). La valeur d'hétérozygotie trouvée dans la présente étude était inférieure à celle observée sur chez *C. anguillaris* à Sangkuriang (0,43) et à Paiton (0,602) en Indonésie ([21]) et dans la rivière Bakoye (0,34) sur *Clarias anguillaris* au Mali par Diop et al ([11]).

Le coefficient de consanguinité moyen (Fst) observé dans note étude est supérieur à celui rapporté sur *C. anguillaris* par Rognon et al., (1998) soit 0,38 contre 0,15. Par contre, il est inférieur aux valeurs rapportées chez *C. batrachus* (0,545) et *C. nieuhofii* (0,484) en Thaïlande par ([23]), chez *C. gariepinus* (0,44) par ([22]) Le taux de Consanguinité de *C. anguillaris* est supérieur à celui trouvé chez *C. gariepinus* (0,04) au Nigeria ([18]).

L'arbre phylogénétique a permis de regroupe les poissons en 3 groupes mais avec des différences et des similarités génétiques entre les bassins fluviaux et au sein du même bassin d'un cours d'eau à l'autre. Les échantillons d'un même groupe sont génétiquement proches. Les échantillons se trouvant dans des groupes différents pourraient expliquer des échanges génétiques entre les populations et les connexions des cours d'eau dans un passé lointain. Des introductions de poissons pourraient aussi expliquer cette similitude. Ce résultat montre une diversité génétique chez *C. anguillaris* des différentes rivières et cours d'eau prospectés.

5 CONCLUSION

L'étude a permis de mettre en exergue une diversité génétique au sein des populations de *C. anguillaris* au Mali. La différenciation entre les populations est modérée avec un rapprochement de consanguinité chez les spécimens collectés dans les secteurs maliens des fleuves Niger et Sénégal. Ces populations semblent être apparentées. Les résultats obtenus pourront être utilisés comme données de références sur l'espèce dans le cadre de la prise de décision des mesures de biosécurité lors d'introduction de souches étrangères mais aussi lors des empoissonnements communautaires. Le maintien de la variation génétique existante au sein de l'espèce *C. anguillaris* constitue une étape importante dans le cadre de sa conservation

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Secrétariat du Fonds Compétitif pour la Recherche et l'innovation Technologique et le Centre National de Recherche Scientifique et Technologique (CNRST) pour le financement des travaux de recherche. Ils adressent aussi leurs remerciements aux communautés de pêche pour leur collaboration pour la collecte des données.

REFERENCES

[1] G. G. Teugels, «A systematic revision of the African species of the genus *Clarias* (Pisces: *Claridae*) » *Mus Research Africa centre, Belgium,* 63–72, 1986a.

[2] G. G. Teugels, «A systematic revision of the African species of the genus *Clarias* (Pisces: *Claridae*) ». *Annales du Musée Royal de l'Afrique Centrale*. 247, 1–199,1986 b.

[3] D. Paugy, C. Lévêque et G.G. Teugels, «Poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest». *Editions MARC/MNHN/IRD, Paris,* 2003.

[4] Y. Sanogo, F. Samaké, A. Koné et D. Traoré, «Diversité du peuplement ichtyologique de la rivière Bagoé (Bassin du Niger, Mali)», *Agronomie Africaine,* 27 (1), pp: 47-56,2015.

[5] R. Diop, A. Konaté, Y. Sanogo, D. Traoré. et M. Camara, «Relation taille - poids et facteur de condition des espèces de silures (genre *Clarias*) utilisées en pisciculture dans la zone périurbaine de Bamako». *Revue Malienne de Science et de Technologie. Série A,* vol. 0, n° 22, pp: 83-93. 2019.

[6] Y. Sanogo, A. Konaté, R. Diop, K. Traoré, N. Dembélé, A. Sy, F. Samaké, et D. Traoré, «Composition et indices de diversité des communautés ichtyologiques des rivières Baoulé, Bakoye, Bafing et du lac Magui dans le bassin du fleuve Sénégal au Mali». Symposium malien sur les sciences appliquées (MSAS), 13ème conférence, Ségou, Mali, 31 juillet au 5 août 2022.

[7] R., Diop Y. Sanogo, A, Konaté, N. Dembélé, F. Samaké, Da Costa S.K., Dembélé S. «Résultats préliminaires de la caractérisation des espèces de *Clarias* du lac de Magui au Mali à partir de la plaque vomérienne». 6ème *Colloque scientifique International de l'Université de Parakou, Bénin,* du 13 au 16 septembre 2022.

[8] J. Quensière, «La pêche dans le Delta central du Niger. Approche pluridisciplinaire d'un écosystème de production halieutique» *Edition Orstom/Karthala,* Paris, 1994.

[9] Y. Sanogo, D. Traoré, F. Samaké, et A. Koné, «Les communautés ichtyologiques de la rivière Baoulé dans le bassin du fleuve Niger au Mali ». *Tropicultural,* n°30, 2, pp: 65-71. 2012.

[10] J. Kantoussan, «Impacts de la pression de la pêche sur l'organisation des peuplements de poisons: Application aux retenues artificielles de Sélingué et de Manantali, Mali, Afrique de l'Ouest. Thèse de doctorat, *Agrocampus, Rennes,* p. 195, 2007.

[11] R. Diop, A. Konaté, R. Fané, N. Dembelé, S. Dao, D. Konaté, O. Ouattara, Y. Sanogo F. Samaké. et D. Traoré, «Genetic diversity of *Clarias anguillaris* from the Bakoye, River in Mali». *International Journal of Biological and Pharmaceutical Sciences Archive*. 01 (02), pp: 145-152,2021.

[12] T. Bonnin, et J. Lombard, «Situer l'analyse phylogénétique entre les sciences historiques et expérimentales». *Philosophia scientiae,* pp: 131-148. 2019.

[13] I.V. Bartish, L. P. Gorkava, K. Rumpunen, H. Nybom, «Phylogenetic relationship and diff erentiation among and within populations of Chaenomeles Lindl. (Rosaceae) estimated with RAPD's and isozymes». *Theoretical Applied Genetics,* 101, 554–563. 2000.

[14] R.K Garg, P. Sairkar, N. Silawat and N.N. Mehrotra, «Genetic polymorphism of two populations of catfish Aorichthys Seenghala (Sykes) using RAPD fingerprinting. *Int. J. Int. Zool.,* 3, 130-134,2009a.

[15] S. Kumar, G. Stecher, K. Tamura, «MEGA7Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 7.0 for Bigger Datasets», *Mol Biol, Evol*. Jul, 33 (7): 1870-4,2016.

[16] J.F. Agnèse, G.G, Teugel, «Morphometric and genetic characterization of sympatric population of *Clarias gariepinus* and *Clarias anguillaris* from Senegal, *Journal of fish biology,* pp: 1143-1157,1996.

[17] P. Ezilrani, C. Godwin, «Genetic variation and differentiation in African catfish, *Clarias gariepinus,* assessed by heterogous microsatellite DNA», *Indian journal of Biotechnology,* pp: 388-393,2015.

[18] O.T. Agbebi, D.E. Ilaboya, O.O. Adebamb, « Preliminary characterization of genetic strains in *Clariidae* species, *Clarias gariepinus* and *Heterobranchus bidorsalis* using microsatellite markers.», *African Journal of Biotechnology*Vol. 12 (4), pp. 364-369,2013.

[19] A. Tempestini, « Connectivité chez les amphipodes marins arctiques à différentes échelles spatiales et temporelles», Thèse de doctorat en Biologie - Université du Québec à Rimouski, 270 pages 2016.

[20] S. Nasren, M. N. Islam, M. G. Q. Khan, M. S. Islam, M. S. Alam, « Genetic variation and differentiation in the Stinging catfish, Heteropneustes fossilis (Bloch), populations assessed by heterologous microsatellite DNA markers». Indian J. Biotechnol, 8, 85–90, 2009.

[21] Imron, D. Sunandar, E. Tahapari, «Microsatellite genetic variation in cultured populations of African catfish (*Clarias gariepinus*) in Indonesia», *Indonesian Aquaculture Journal.* 6 (1), 1-10,2011.

[22] X. Rognon, G.G. Teugels, R, P.G, uyomard Galbusera, M Andriamanga, F.V. olckaert, J.F. Agnese,« Morphometric and allozyme variation in the African catfishes *Clarias gariepinus* and *Clarias anguillaris*» *Journal of Fish Biology.* 53: 192-207,1998.

[23] U. Na-nacron, W. Kamonart, T. Ngmsiri «Genetic diversity of walking catfish, *Clarias.*

[24] *microcephalus* in Thailand and evidence of genetic introgression from introduced f armed *Clarias gariepinus*«,. *Aquaculture,* 240: 145-163 2004.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 4 Jun. 2023, pp. 1625-1633
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Perception des producteurs sur les pratiques agro-écologiques dans les zones cotonnières au Bénin

[Perception of producers on agro-ecological practices in cotton growing areas in Benin]

Babio Soumanou[1], Hougni Alexis[2], and Yabi Afouda Jacob[1]

[1]Ecole Doctorale des Sciences Agronomiques et de l'Eau (EDSAE), Laboratoire d'Analyse et de Recherche sur les Dynamiques Economiques et Sociales (LARDES), Faculté d'Agronomie, Université de Parakou (UP), BP: 123 Parakou, Benin

[2]Institut National de Recherche Agricole du Bénin (INRAB), BP: 449, Benin

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study aims to analyze the perception of producers on agro-ecological practices in cotton growing areas in Benin. To do this, data was collected from 300 producers in three municipalities (Banikoara, Sinendé and Djidja) using a semi-structured questionnaire digitized on Kobocollecte. The calculation of the response rates and the ascending hierarchical classification carried out using the statistical software Ri386.4.0.4, made it possible to arrive at three classes of agro-ecological practices according to the perception of the producers. These classes of practices are: lightly restrictive, moderately restrictive and very restrictive. The major constraints are organizational, material, climatic and institutional. The study recommends strengthening the supervision of producers and taking into account the socio-economic characteristics of producers in the promotion of agro-ecological practices in cotton-growing areas.

KEYWORDS: Perception, agro-ecological practices, response rate, ascending hierarchical classification, Benin.

RESUME: Cette étude vise à analyser la perception des producteurs sur les pratiques agro-écologiques dans les zones cotonnières au Bénin. Pour ce faire, les données ont été collectées auprès de 300 producteurs répartis dans trois communes (Banikoara, Sinendé et Djidja) à l'aide d'un questionnaire semi-structuré numérisé sur Kobocollecte. Le calcul des taux de réponse et la classification hiérarchique ascendante réalisés à l'aide du logiciel statistique Ri386.4.0.4, ont permis d'aboutir à trois classes de pratiques agro-écologiques selon la perception des producteurs. Ces classes de pratiques sont: peu contraignantes, moyennement contraignantes et très contraignantes. Les contraintes majeures sont d'ordre organisationnel, matériel, climatique et institutionnel.
L'étude préconise le renforcement de l'encadrement des producteurs et la prise en compte des caractéristiques socio-économiques des producteurs dans la promotion des pratiques agro-écologiques dans les zones cotonnières.
Mots clefs: Perception, pratiques agro-écologiques, taux de réponse, classification hiérarchique ascendante, Bénin.

1 INTRODUCTION

Au Bénin, le coton est la première culture d'exportation. Il offre de l'emploi à plus de 30% de la population, contribue à 44% aux recettes d'exportation, 35% aux entrées de devise et 13% à la formation du Produit Intérieur Brut (PIB) (INSAE, 2015). De ce fait, il constitue le poumon de l'économie rurale et agro-industrielle (Adam et al., 2010) et représente un excellent levier de lutte contre la pauvreté et pour la croissance économique (Bio Goura, 2011). Malgré son importance, la filière fait face à de nombreux problèmes qui entravent son développement. Les problèmes les plus importants sont ceux liés à la gestion de la fertilité des sols et des ravageurs qui entrainent les faibles niveaux de production atteints. Ainsi, les différentes politiques agricoles de ces dernières années ont conduit à l'intensification culturale pour améliorer les rendements. Il s'agit entre autres, des crédits intrants (les engrais chimiques, les pesticides chimiques de synthèse), les équipements de production subventionnés et la promotion de l'agriculture motorisée dans les zones à forte production cotonnière. Ces différentes politiques ont favorisé une augmentation du niveau de production du coton, conséquence directe

Corresponding Author: Babio Soumanou

d'une augmentation des emblavures et de l'utilisation des intrants chimiques. Toutefois, ce mode de développement de la filière cotonnière a entrainé jointement une dégradation de la qualité de l'environnement (Silici, 2014).

Diverses études ont montré la dégradation des terres, la contamination des sols, la pollution des eaux, la perte des organismes bénéfiques et donc de la biodiversité (Adam et al., 2010; Agbohessi et al., 2012; Toko et al., 2014) dans les zones cotonnières dues à l'utilisation des intrants notamment chimiques. En effet les engrais minéraux s'écoulent facilement vers les rivières, lacs et cours d'eaux. Ils constituent ainsi une source de pollution de l'environnement. De plus, ils sont des sources potentielles d'intoxication des animaux et des humains, causant parfois des pertes en vies humaines, après les traitements. Les pesticides chimiques peuvent également rester longtemps dans le sol et pénétrer la chaîne alimentaire où ils s'accumulent dans le corps des hommes et des animaux, leur causant des problèmes de santé. La dépendance vis-à-vis des engrais chimiques entraîne à la longue des quantités croissantes pour l'obtention du même rendement. L'utilisation prolongée d'engrais minéraux sans autres intrants organiques conduit à un sol pauvre en matières organiques, plus sensible à l'érosion éolienne et hydrique (Alalaoui, 2007). Les produits chimiques détruisent également les microorganismes dans le sol, ce qui donne pour résultat une terre sans structure ni aération et une moindre disponibilité des minéraux du sol (Boukari, 2008). Aussi, les ravageurs sont-ils de plus en plus difficiles à contrôler car ils deviennent résistants aux pesticides chimiques. Les engrais chimiques perçus comme une source d'amélioration de la fertilité des sols n'ont pas pu combler les attentes puisque le problème est persistant notamment dans le bassin cotonnier (Nacoulma & Guigma, 2015). A ces problèmes vient s'ajouter la destruction des ressources forestières (FAO, 2002; Sinsin & Kampmann, 2010) au profit des emblavures cotonnières. Face aux différents impacts négatifs sur la santé humaine, l'environnement et les ressources naturelles et sous l'impulsion de la communauté internationale en faveur d'une agriculture durable, les pratiques agro-écologiques ont été introduites au Bénin depuis les années 1990.

Trente ans après leurs introductions, il importe d'analyser la perception des producteurs sur les pratiques agro-écologiques dans les zones cotonnières au Bénin.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MILIEU D'ÉTUDE

La présente étude a été réalisée dans toutes les zones de production cotonnière au Bénin, représentées par les communes de Banikoara, Sinendé et Djidja (cf. figure 1).

En effet, avec des productions respectives de 174187,37 tonnes, 37690,93 tonnes et 23186,59 tonnes, au cours de la campagne 2019-2020 (AIC, 2020), ces communes ont été les meilleures communes productrices de coton, respectivement dans le haut-nord, le centre-nord et le sud. C'est fort de ces statistiques que ce milieu d'étude a été retenu.

La Commune de Banikoara, dans le Département de l'Alibori au Nord-Ouest du Bénin, s'étend entre les parallèles 11° 02' et 11° 34' de latitude Nord et entre le méridien 2° 06' et 2° 46' de longitude Est. Elle est limitée au Nord par la Commune de Karimama, au Sud par les Communes de Gogounou et de Kérou, à l'Est par la Commune de Kandi et à l'Ouest par le Burkina Faso. C'est une commune essentiellement agricole et représente le basin cotonnier du Bénin par sa forte production depuis des décennies. Les principales cultures pratiquées dans cette commune sont: le coton, le maïs, le mil, l'arachide, le niébé, le riz, les produits maraîchers,... (INSAE, 2015).

Située à l'extrême nord du département du Borgou, la commune de Sinendé est comprise entre 10°20'41" et 10°34' latitude Nord et entre 2°22'45" et 2°38' de longitude Est, elle est limitée au nord par la commune de Gogounou dans le département de l'Alibori, au sud par la commune de N'Dali, à l'est par celle de Bembéréké et à l'ouest par la commune de Péhunco dans le département de l'Atacora. Elle est une commune essentiellement agricole. Les principales cultures pratiquées dans cette commune sont: le coton, le maïs, le mil, l'arachide, le niébé, le riz, les produits maraîchers, la pomme de terre... (INSAE, 2015).

La Commune de Djidja est comprise entre les parallèles 7°10' et 7°40'de latitude Nord, et les méridiens 1°04' et 2°10' de longitude Est. Administrativement, elle est composée de douze arrondissements à savoir: Djidja-Centre, Outo, Agouna, Monsourou, Setto, Gobaix, Dohuimè, Mougnon, Oungbèga, Zounkon, Agondji et Dan. Sa population est de 123 542 habitants. Les principaux groupes ethniques présents sont les Fon (82%), les Adja (10%), les Mahi (5%) et les autres ethnies (Peulh et Haoussa, etc) (INSAE, 2015). Elle jouit d'un climat de type subéquatorial tendant vers le soudano-guinéen dans les parties septentrionales. Le régime pluviométrique est de type bimodal avec une hauteur moyenne de pluie de 1300 mm de 1980 à 2012 (INSAE, 2015). La commune de Djidja est située sur la pénéplaine cristalline et couverte presque entièrement de sols ferrugineux tropicaux (Igué et al., 2000).

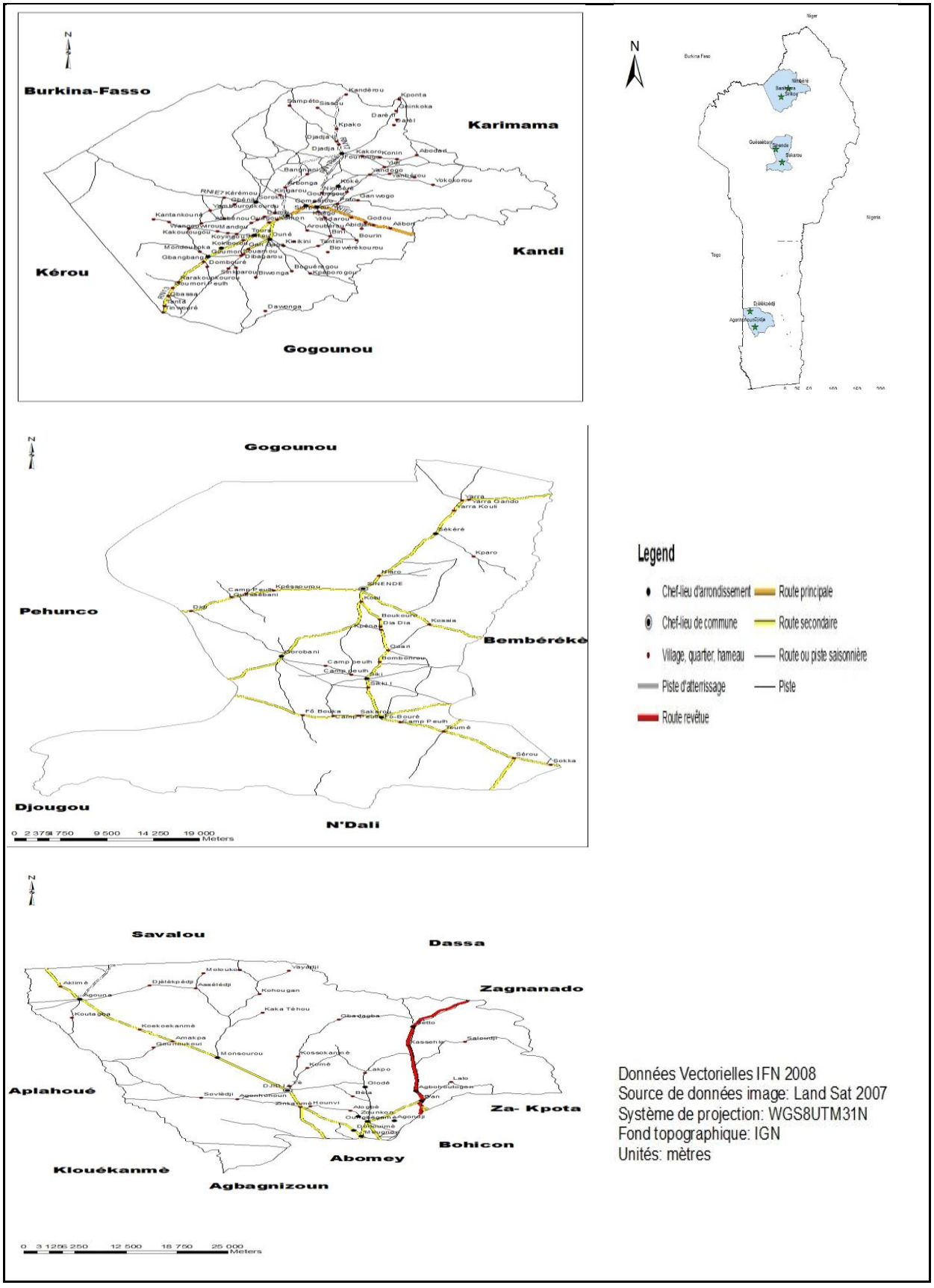


Fig. 1. Situation géographique de la zone d'étude

Réalisation : BABIO Soumanou, Mai 2022

2.2 COLLECTE DES DONNÉES

L'unité d'observation de la recherche est constituée de producteurs de coton représentés par le chef d'exploitation. Dans chaque commune, les deux meilleurs villages producteurs de coton ont été retenus. Par village sélectionné, un échantillon de 50 producteurs de coton a été constitué de manière aléatoire. Soit 300 producteurs pour toute la zone d'étude, dont 150 ayant adopté au moins une pratique agro-écologique (adoptants) et 150 non adoptants. Les enquêtes de terrain ont été réalisées en deux phases essentielles: la phase exploratoire et la phase de collecte de données.

La phase exploratoire, dans un premier temps a été enrichie par les discussions menées avec les différents acteurs impliqués dans la promotion des pratiques agro-écologiques dans les zones cotonnières, dans un second temps, elle a permis de prendre contact avec les autorités politico-administratives, les personnes ressources, les organisations paysannes et enfin de mieux échantillonner la population à enquêter.

Concernant la phase de collecte de données, elle a permis de collecter les données et informations qualitatives et quantitatives relatives aux différents aspects de la problématique. Les entretiens individuels (questionnaire) est la principale méthode utilisée pour la collecte des données.

2.3 ANALYSE DES DONNÉES

Le calcul du taux de réponse au niveau des enquêtés par facteurs est fait en s'inspirant de la formule de (Brun et al., 2018; Sanou et al., 2018; Seastrom, 2001). Ce calcul du taux de réponse a été complété par le test de concordance de Mann Kendall, à l'instar de (PAPA, 2017; Babio, 2018; Oloukoi et al., 2019). Ce taux est déterminé par la formule de l'Équation suivante:

$$F=\frac{S}{N}\times 100$$

Avec, F: taux de réponse pour le type d'utilisation au niveau des enquêtés (%); S: nombre de personnes ayant fourni une même réponse par rapport à un facteur donné; N: nombre total de personnes interviewées.

Aussi, une classification des pratiques agro-écologiques suivant la perception des producteurs a été réalisée, avec le logiciel Ri386 4.0.4.

3 RÉSULTATS

3.1 ANALYSE DESCRIPTIVE DE LA PERCEPTION DES PRODUCTEURS SUR LES PRATIQUES AGRO-ÉCOLOGIQUES

Le tableau 1 présente les résultats descriptifs de la perception des producteurs sur les pratiques agro-écologiques. De l'analyse de ce tableau, il ressort que pour les producteurs des différentes zones cotonnières, aucunes pratiques n'est sans contraintes. De façon spécifique, la production de fourrage est perçue comme peu contraignante par 49,33% des producteurs, moyennement contraignante (20%) et fortement contraignante (30,67%). Trente-huit virgule soixante-sept pour cent (38,67%) des producteurs pensent que le parcage rotatif est peu contraignant contre 56,67% et 4,67% qui pensent que cette pratique est respectivement fortement contraignante et moyennement contraignante. La réalisation de l'étable fumière est perçue comme fortement contraignante par 68% des producteurs contre 28% qui pensent qu'elle est peu contraignante et moyennement contraignante (4%). La haie vive quant à elle, est peu contraignante (60,67%), fortement contraignante (36,67%) et moyennement contraignante (2,67%). La rotation-assolement est peu contraignante (91,33%), moyennement contraignante (8,67%) et fortement contraignante (0,00%). Les pratiques de l'intégration des légumineuses alimentaires et non alimentaires sont peu contraignantes (39,33%), moyennement contraignantes (37,33%) et fortement contraignantes (23,33%). Les pratiques de la jachère améliorée de cycle court, du compostage et des semis sur résidus sont peu contraignantes (49,33%; 27,33% et 31,33% respectivement), moyennement contraignantes (16,67%; 7,33% et 15,33% respectivement) et fortement contraignantes (34,00%; 65,33% et 53,33% respectivement). Le travail minimum et localisé du sol et le Zaï en ligne mécanisé sont moyennement contraignantes (4,00% et 1,33% respectivement) et fortement contraignantes (96,00% et 98,67% respectivement). Les pratiques de labour à contre pente et de cordon pierreux sont moyennement contraignantes (100%). Par contre les pratiques d'intercultures améliorées et de reprise de jachère sont fortement contraignantes (100%). En fin, les pratiques d'igname sous couvert ligneux, de culture annuaire en intercalaires et d'arbres dans le paysage sont peu contraignantes (32,67%; 39,33% et 39,33 respectivement), moyennement contraignantes (28,67%; 37,33% et 37,33% respectivement) et fortement contraignantes (38,67%; 23,33% et 23,33% respectivement).

Tableau 1. Statistiques descriptives de la perception des producteurs sur les pratiques agro-écologiques

PAE	Peu Contraignantes (PC)	Moyennement Contraignantes (MC)	Fortement Contraignantes (FC)
Production fourragère	49,33	20,00	30,67
Parcage rotatif	38,67	4,67	56,67
Etable fumière	28,00	4,00	68,00
Haie vive	60,67	2,67	36,67
Rotation Assolement	91,33	8,67	0,00
Intégration légumineuse non alimentaire	39,33	37,33	23,33
Jachère améliorée de cycle court	49,33	16,67	34,00
Composte	27,33	7,33	65,33
Semis sur Résidus	31,33	15,33	53,33
Intégration légumineuses alimentaires	39,33	37,33	23,33
Travail Minimum et Localisé du sol	0,00	4,00	96,00
Zaï en ligne mécanisé	0,00	1,33	98,67
Semis/labour contre pente	0,00	100,00	0,00
Cordon pierreux	0,00	100,00	0,00
Intercultures améliorées	0,00	0,00	100,00
Reprise de jachère	0,00	0,00	100,00
Igname sous couvert ligneux	32,67	28,67	38,67
Culture annuaire en intercalaires	39,33	37,33	23,33
Arbres dans paysage	39,33	37,33	23,33

Source: données de terrain, Jan-Fév 2021.

3.2 CLASSIFICATION DES PRATIQUES AGRO-ÉCOLOGIQUES SUIVANT LA PERCEPTION DES PRODUCTEURS

La figure 2 présente les résultats de la classification hiérarchique ascendante des pratiques agro-écologiques suivant la perception des producteurs. De l'analyse de cette figure, il ressort que les pratiques sont réparties en trois classes (la classe des pratiques peu contraignantes, moyennement contraignantes et fortement contraignantes). Ainsi, les pratiques de Rotation-Assolement, haie vive, production fourragère, jachère améliorée de cycle court, igname sous couvert ligneux de Gliricidia, Intégration légumineuse Amélioratrice, Intégration légumineuses NA, Culture annuaire en intercalaires et Arbres dans paysage sont peu contraignantes. Celles de Semis/labour à contre pente et de Cordon pierreux sont moyennement contraignantes et les pratiques d'Intercultures améliorées, de reprise de jachère, compostage, étable fumière, parcage rotatif, travail minimum et localisé du sol et le Zaï en ligne mécanisé sont fortement contraignantes.

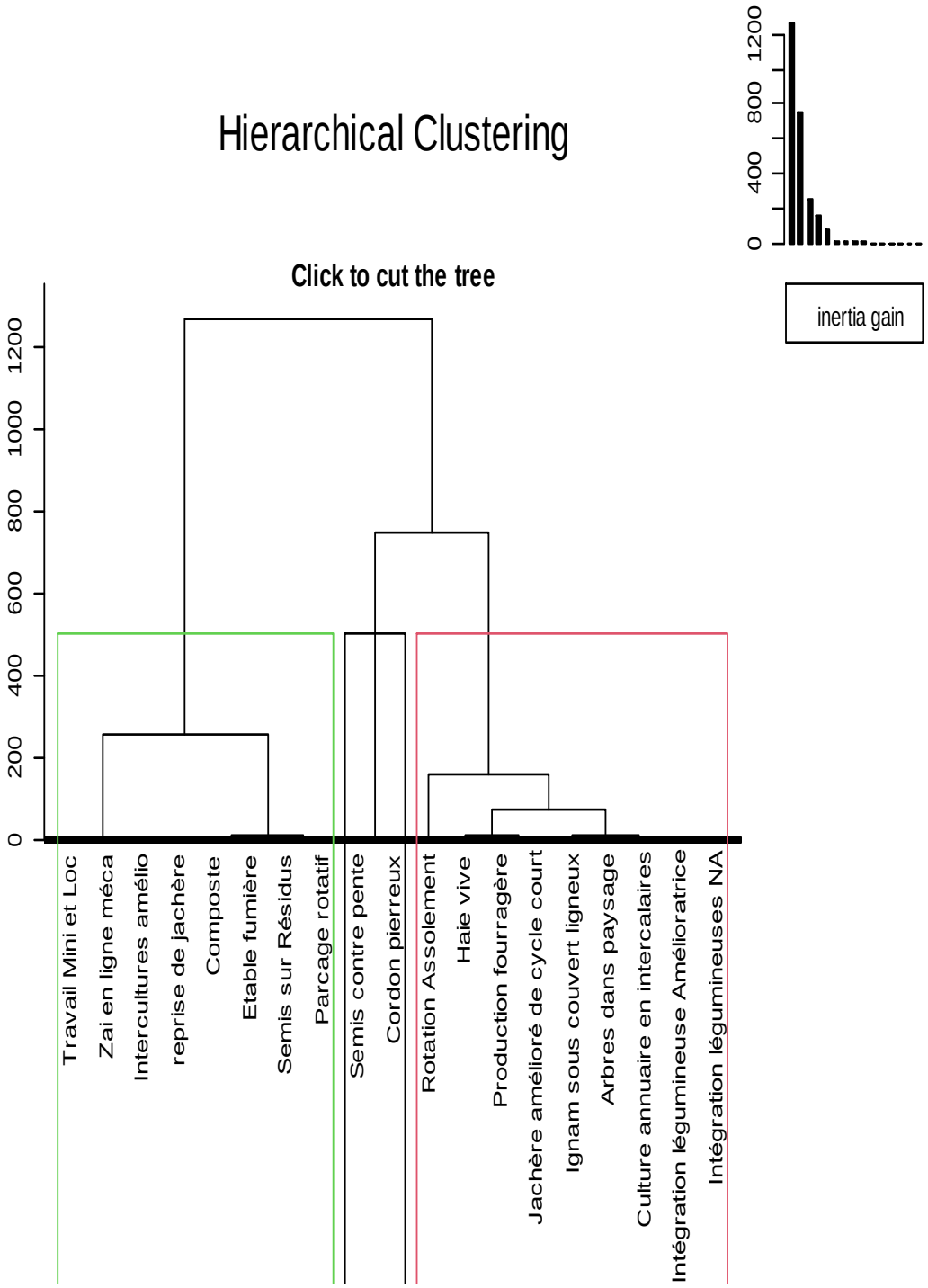


Fig. 2. Classification des pratiques agro-écologiques suivant la perception des producteurs

3.3 IDENTIFICATION DES CONTRAINTES

Les contraintes majeures ont été identifiées par classe de pratiques (cf. Tableau 2). Ainsi, le manque d'équipements appropriés, le manque de moyens financiers conséquents, le manque de savoir-faire, la pénibilité du travail et le manque de main d'œuvre qualifiée constituent les contraintes majeures de la mise en œuvre des pratiques de la classe "fortement contraignante". La difficulté liée au ramassage des pierres, la mauvaise maîtrise des pratiques et le manque d'équipements appropriés constituent quant à elles, les contraintes majeures de la mise en œuvre des pratiques de la classe "moyennement contraignante". Quant à la classe de pratiques "peu contraignante", elle est limitée par l'insuffisance des terres, les aléas climatiques, l'augmentation du travail de préparation du sol et de récoltes et l'effet de la vaine pâture. Toutes ces contraintes sont d'ordre organisationnel, matériel, climatique et institutionnel.

Tableau 2. Les contraintes identifiées par classe de pratiques agro-écologiques

Classe de pratiques	Pratiques concernées	Contraintes identifiées	Rang moyen	Classement
Fortement contraignante	Intercultures améliorées, reprise de jachère, compostage, étable fumière, parcage rotatif, travail minimum et localisé du sol, semis sur résidus et le Zaï en ligne mécanisé	Manque d'équipements appropriés	**1,32**	**1**
		Manque de moyens financiers conséquents	***2,54***	**2**
		Manque de savoir-faire	***2,95***	**3**
		Manque de main d'œuvre qualifiée	***3,45***	**4**
		Pénibilité du travail	***4,5***	**5**
		Test de concordance de Kendall	**0,619*** **	
Moyennement contraignante	Semis/labour à contre pente Cordon pierreux	Difficulté du ramassage des prières	**1,42**	1
		Mauvaise maîtrise des pratiques	***2,34***	2
		Manque d'équipements appropriés	***3,55***	3
		Test de concordance de Kendall	**0,534*** **	
Peu contraignante	Rotation-Assolement, haie vive, production fourragère, jachère améliorée de cycle court, igname sous couvert ligneux de Gliricidia, Intégration légumineuse Amélioratrice, Intégration légumineuses NA, Culture annuaire en intercalaires et Arbres dans paysage	Insuffisance des terres	**1,22**	**1**
		Les aléas climatiques	***2,45***	**2**
		Augmentation du travail de préparation du sol et de récoltes	***3,45***	**3**
		Effet de la vaine pâture	***4,55***	**4**
		Nécessite des efforts supplémentaires dans la gestion de l'exploitation	***5,5***	**5**
		Test de concordance de Kendall	**0,534*** **	

*** représente la signification au seuil de 1% (p< 0,01)*
Source: résultats d'enquête Jan-Fév, 2021.

4 DISCUSSION

L'analyse de la perception des producteurs sur les pratiques agro-écologiques a révélé trois classes de pratiques agro-écologiques et permet de retenir qu'aucune pratique n'est sans contrainte. Les contraintes varient selon le type de pratiques et sont d'ordre organisationnel, matériel, climatique et institutionnel. Ces résultats corroborent ceux de Babio (2018) qui a identifié les mêmes types de contraintes pour la promotion du nouvel ITK de production du coton au Bénin. L'identification des contraintes a révélé également que certaines pratiques nécessitent un effort (matériel et financier) supplémentaire au niveau de l'exploitation. Ce résultat est conforme à ceux de Tscharntke et al. (2005) qui ont trouvé que les pratiques de conservation des eaux et du sol nécessitent des efforts financiers et matériels supplémentaires et de Diarra *et al.* (2020) qui dans une étude de perception des avantages et des contraintes de l'écimage du cotonnier par les producteurs du Mali, ont trouvé que les principales contraintes sont le besoin supplémentaire de main d'œuvre et son coût par rapport à la culture de coton non écimé. Les pratiques de travail minimum et localisé du sol, du Zaï en ligne mécanisé, du compostage, de la reprise de jachère, de l'étable fumière, du parcage rotatif, du semis sur résidus et des intercultures améliorées sont fortement perçues comme des pratiques très contraignantes parce qu'elles nécessitent un savoir-faire et des équipements appropriés dont ne disposent pas les producteurs. Aussi, l'étude a identifié le faible taux d'encadrement des producteurs traduit par la mauvaise maîtrise des pratiques. En effet, le faible taux d'encadrement des producteurs ne leur permet pas d'avoir une bonne maîtrise des pratiques comme le labour à contre pente et le cordon pierreux. L'effet de vaine pâture est une contrainte à la classe des pratiques peu contraignante surtout à l'intégration des légumineuses et à la production fourragère car certaines légumineuses (arachide, niébé, mucuna…) intégrées et les espèces fourragères (Brachiaria, Andropogon gayanus…) produites sont d'une grande appétence pour les ruminants dans les zones cotonnières. Dans une étude sur les herbacées fourragères appétées par les bovins sur les parcours communautaires du nord-est du Bénin, Opéyémi *et al.* (2020) ont identifié que ces fourrages herbacées sont plus appétées parmi tant d'autres. A ces difficultés s'ajoutent, les effets adverses des changements climatiques. Les travaux de Ouédraogo *et al.* (2010), relatifs aux perceptions et stratégies d'adaptation aux changements des précipitations conduites dans les zones sahéliennes, soudano sahélienne et soudanienne du Burkina Faso, ont relevé les indicateurs tels que la baisse des pluies, le dérèglement de la saison, l'irrégularité des pluies, les poches de sécheresse, les fortes pluies et les inondations. Le raccourcissement de la durée de la saison pluvieuse entrave le développement normal des cultures. Dans ce contexte, certaines cultures n'arrivant plus à achever leur cycle végétatif. Ces effets adverses sont particulièrement préoccupants dans les pays en développement où l'agriculture constitue la principale

source d'emploi et de revenus pour la majorité de la population (Enete & Onyekuru, 2011; Lahmar *et al.,* 2012; *Tittonell et al.,* 2012 et Maharjan *et al.,* 2016).

5 CONCLUSION

La présente étude a permis d'analyser la perception des producteurs sur les pratiques agro-écologiques et d'en identifier les contraintes de leur mise en œuvre dans les zones cotonnières au Bénin. Trois classes de pratiques agro-écologiques ont été identifiées de par la perception des producteurs. Il s'agit des pratiques peu contraignantes, moyennement contraignantes et très contraignantes. Aussi, des contraintes d'ordre organisationnel, matériel, climatique et institutionnel constituent les contraintes majeures à la mise en œuvre des pratiques agro-écologiques dans les zones cotonnières au Bénin.

L'étude préconise le renforcement de l'encadrement des producteurs et la prise en compte des caractéristiques socio-économiques des producteurs dans la promotion des pratiques agro-écologiques dans les zones cotonnières.

REFERENCES

[1] Adam, S., Edorh, P. A., Totin, H., Koumolou, L., Amoussou, E., Aklikokou, K., & Boko, M. (2010). Pesticides et métaux lourds dans l'eau de boisson, les sols et les sédiments de la ceinture cotonnière de Gogounou, Kandi et Banikoara (Bénin). Int. J. Biol. Chem. Sci. 4 (4) : 1170-1179, http://ajol.info/index.php/ijbcs.

[2] Agbohessi, T. P., Toko, I. I., & Kestemont, P. (2012). État des lieux de la contamination des écosystèmes aquatiques par les pesticides organochlorés dans le Bassin cotonnier béninois. CahAgric, vol. 21, n° 1, 46-56.

[3] AIC. (2020). Statistiques de production cotonnière de la campagne 2019-2020. Tonnages commercialisées par commune jusqu'au 30/04/2020.

[4] Alalaoui, A. C. (2007). Fertilisation minérale des cultures : Les éléments fertilisants majeurs (azote, Potassium et Phosphore), Bulletin mensuel d'information et de Liaison, Ministre de l'Agriculture et de la Pêche Maritime (Maroc).N° 155 /Août 2007 : 1-4.

[5] Babio, S. (2018). Impact et déterminants socio-économiques de l'adoption du nouvel ITK au Bénin : Cas de la commune de Banikoara. Mémoire de Master Recherche en ERN à l' Ecole Doctorale des Sciences Agronomiques et de l'Eau (EDSAE) l'Université de Parakou; République du Bénin.

[6] Bio Goura, S. (2011). Réunion spéciale sur la dépendance à l'égard des produits de base et l'impact des crises mondiales multiples dans les Pays les Moins Avancés (PMA) : Profil de l'exposition à l'instabilité des marchés et développement des capacités de résilience aux crises futures, Etude de Cas du Bénin, 54p.

[7] Boukari. (2008). in El-hadji Mama Moussa et Tohozin Yves Antoine, 2009 ; «Les contraintes de la cotonculture dans la commune de Kalalé» in Campus d'Abomey-Calavi (Ed) ; deuxième colloque de l'UAC des sciences, cultures et technologies, du 26 au 29 Mai 2009 ; Actes volume I : lettre, sciences humaines, économique, politique et administrative ; section : Géographie, Linguistique et Lettres Modernes, Histoire et Sociologie, Economie et Politique, p 52-63.

[8] Brun, L. E., Sinasson, G., Azihou, F. A., Gibigaye, M., & Tente, B. A. H. (2018). Perceptions des facteurs déterminants de dégradation de la flore des zones humides dans la commune d'Allada, Sud—Bénin. Afrique SCIENCE 16 (4) (2020) 52—67. http://www.afriquescience.net

[9] Diarra, M., Havard, M., & Soumaré, M. (2020). La perception des avantages et des contraintes de l'écimage du cotonnier par les producteurs du Mali. *Cahiers Agricultures, 29,* 10.

[10] Enete, A., & Onyekuru, A. (2011). Challenge of Agricultural Adaptation to Climate Change : Empirical Evidence from Southeast Nigeria. Tropicultura 29 (4), 243—249.

[11] FAO. (2002). Quatorzième réunion du sous-comité ouest et centre africain de corrélation des sols pour la mise en valeur des terres. Abomey (Bénin), Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. http://www.fao.org/docrep/005/y3948f/y3948f00.htm#toc (Page consultée le 25 novembre 2019).

[12] Igué, A. M., Floquet, A., & Stahr, K. (2000). Land use and farming systems in Benin. Adapted Farming in West Africa : Issues, Potentials and Perspectives. ACADEMIA F. Graef, P. Lawrence and M. von Oppen (Editors) © 2000 Verlag Ulrich E. Grauer, Stuttgart, Germany ISBN 3-86186-315-4.

[13] INSAE. (2015). Les échanges extérieurs du Bénin en 2014, grands traits du commerce extérieur au Bénin, 26p.

[14] Lahmar, R., Bationo, B. A., Dan Lamso, N., Guéro, Y., & Tittonell, P. (2012). Tailoring conservation agriculture technologies to West Africa semi-arid zones : Building on traditional local practices for soil restoration. Field Crops Research, vol. 132, p. 158–167.

[15] Maharjan, G. R., Ruidisch, M., Shope, C. L., Choi, K., Huwe, B., Kim, S., Tenhunen, J., & Arnhold, S. (2016). Assessing the effectiveness of split fertilization and cover crop cultivation in order to conserve soil and water resources and improve crop productivity. Agricultural Water Management, vol. 163, p. 305–318.

[16] Nacoulma, J. D., & Guigma, J. B. (2015). Institutional context of soil information in Benin. Final report, 124p.

[17] Oloukoi, J., Yabi, I., & Houssou, C. S. (2019). Perceptions et stratégies paysannes d'adaptation à la variabilité pluviométrique au Centre du Bénin. Available online at http://www.ifgdg.org Int. J. Biol. Chem. Sci. 13 (3) : 1366-1387, June 2019 ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print) http://ajol.info/index.php/ijbcs http://indexmedicus.afro.who.int.

[18] Opéyémi, B. K., Habirou, S., Bienvenu, A. S., Sébastien, A., Isidore, G. T., Fréderic, H., Madjidou, O., & Séverin, B. (2020). *Herbacées fourragères appétées par les bovins sur les parcours communautaires du nord-est du Bénin.* https://doi.org/Journal of Animal & Plant Sciences (J.Anim.Plant Sci. ISSN 2071-7024) Vol.45 (3): 7964-7978 https://doi.org/10.35759/JAnmPlSci.v45-3.2.

[19] Ouédraogo, M., Dembélé, Y., & Somé, L. (2010). Perceptions et stratégies d'adaptation aux changements des précipitations : Cas des paysans du Burkina Faso. Science et changements planétaires / Sécheresse 21 (2) : 87—96. Doi : 10.1684/sec.2010.0244.

[20] PAPA. (2017). Contraintes à lever dans les zones de production, d'élevage et de pêche au Bénin; 15 p. www.google.com

[21] Sanou, K., Amadou, S., Adjegan, K., & Tsatsu, K. D. (2018). Perception et stratégies d'adaptation des producteurs agricole aux changements climatiques au nord-ouest de la région des savanes du Togo. Agronomie Africaine 30 (1) : 87—97 (2018).

[22] Seastrom, M. (2001). Taux de réponse comme outil de gestion de la qualité des données. Recueils du symposium de statistique de Canada«, (2001) 85 p.

[23] Silici, S. (2014). Agroecology. What It Is And What It Has To Offer. In London, International Institute for Environment and Development, 27 p.

[24] Sinsin, B., & Kampmann, D. (2010). Atlas de la biodiversité de l'Afrique de l'ouest, Tome I : Bénin. Cotonou et frankfurt/Main. BIOTA, 676 p.

[25] Tittonell, P., Scopel, E., Andrieu, N., Posthumus, H., Mapfumo, P., Corbeels, M., van Halsema, G. E., Lahmar, R., Lugandu, S., & Rakotoarisoa, J. (2012). *Agroecology-based aggradation-conservation agriculture (ABACO) : Targeting innovations to combat soil degradation and food insecurity in semi-arid Africa. Field Crops Research, vol. 132, p.168–174.*

[26] Toko, I., Attakpa, Y., Tobada, C., Ble, M., Guedegba, N., & Elegbe, H. (2014). Impact des pesticides agricoles sur les performances physiologiques des poissons : Cas du tihan 175 O-TEQ sur la reproduction des femelles de clarias gariepinus exposées à des doses chroniques. AgronomieAfricaine, Vol 26 (3) 247 – 259.

[27] Tscharntke, T., Klein, A. M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I., & Thies, C. (2005). Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity—Ecosystem service management. Ecology Letters, vol. 8, no 8, p. 857–874.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 4 Jun. 2023, pp. 1634-1646
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Analyse du marketing des territoires à la lumière des théories des parties prenantes et de la proximité

[Analysis of territory marketing in light of stakeholder and proximity theories]

Sanaa Moussalim[1] and Hicham Echattabi[2]

[1]Laboratoire Etudes et Recherches Economiques et Sociales (LERES), Faculté des sciences juridiques économiques et sociales, Université Moulay Ismail, Meknès, Morocco

[2]Enseignant chercheur, Laboratoire de Recherche en Economie de l'Energie, Environnement et Ressources (GREER), Faculté des Sciences Juridiques, Economiques et Sociales Kelâa des Sraghna, Université Cadi Ayyad, Marrakech, Morocco

Copyright © 2023 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: Place marketing is a discipline that has been growing for about thirty years. Places, at different scales, are now engaged in marketing initiatives, ranging from simple communication campaigns, to more elaborate strategies, and often launching, as for any product, place brands for cities and regions. Place marketing is thus a tool used to make places more attractive, more competitive and unique, but also, increasingly, as a tool of place management. It also serves to boost economic place development, the success of which depends on many factors, namely the proximity, both geographic and organizational, between the various stakeholders. In this article, we will, through a case study of the Moroccan Oriental region, tap into stakeholders and proximity theories, in order to identify the important stakeholders in the region to be mobilized in marketing strategies as well as the proximity types existing between these various players. We will conclude by proposing some recommendations for the success of place marketing.

KEYWORDS: Proximity, Place, Place marketing, Stakeholders, Oriental region, Morocco.

RESUME: Le marketing territorial est une discipline qui prend son essor depuis une trentaine d'années. Les territoires, à différentes échelles, sont aujourd'hui engagés dans des démarches de marketing, allant de simples campagnes de communication, à des stratégies plus élaborées, avec à la clé le lancement, comme les produits, de marques territoriales, pour les villes et les régions. Le marketing territorial est ainsi un outil au service de l'attractivité, de la compétitivité, et de la différentiation des territoires, mais aussi, de plus en plus, un outil du management territorial. Il est également utilisé comme un moyen de développement économique des territoires, dont le succès dépend de nombreux facteurs, dont notamment la proximité, géographique et organisationnelle, entre les différentes parties prenantes. A travers une étude de cas de la région de l'Oriental marocain, nous mobiliserons dans le cadre de cet article, les théories des parties prenantes et de la proximité, afin d'identifier les parties prenantes importantes de la région à mobiliser dans les stratégies marketing et les types de proximités entre les acteurs de la région de l'Oriental et formulerons des recommandations pour le succès du marketing des territoires.

MOTS-CLEFS: Proximités, Territoire, Marketing territorial, Parties prenantes, l'Oriental, Maroc.

Corresponding Author: Sanaa Moussalim

1 INTRODUCTION

Au cours des 30 dernières années, le marketing des territoires a bénéficié d'une attention accrue, à la fois comme pratique et comme sujet de recherche académique. Les lieux, pays, régions ou villes, se sont emparés à leur tour des techniques du marketing, comme les entreprises, pour la promotion de leurs atouts et l'attraction des entreprises et des investisseurs. Pour ce faire, plusieurs tentatives ont été faites pour adapter les instruments du marketing aux divers territoires, dont les régions.

Le marketing " informel " aurait été utilisé pendant des siècles (Kotler, 2009) par des villes comme Londres, Venise, Rome, Paris et bien d'autres, pour attirer les touristes, et les investisseurs étrangers (Moilanen & Rainisto, 2009; Ward, 1998), les travailleurs qualifiés et les résidents (Florida 2002), ainsi que des acheteurs pour leurs produits et services.

La naissance du marketing territorial formel serait à dater dans les années 1990, avec la publication d'une série de livres sur le thème du "Marketing Places", par Kotler et ses collaborateurs, s'intéressant d'abord aux USA et à l'Europe, puis étendant progressivement le domaine du marketing territorial à tous les continents. Pendant cette même période, le terme 'Place Branding' a fait son apparition comme synonyme de Place marketing ou marketing des territoires.

Au niveau international, les recherches sont encore rares sur ce qui fait le succès d'une démarche marketing et comment ce dernier peut influencer le développement des territoires (Rainisto, 2003; Greenberg, 2008). Le marketing territorial, en particulier aux États-Unis, est une industrie de plusieurs milliards de dollars, où les lieux sont des « produits à consommer » vendus de manière agressive (Kotler et al., 1999). En Europe, le phénomène s'est aussi largement installé avec les 500 régions et plus de 100.000 communes européennes (Kotler et al., 1999). L'introduction de l'union monétaire et économique en Europe a donné plus de pouvoir aux Régions avec l'effacement des frontières nationales. Dans ce contexte, les régions européennes sont en grande compétition pour drainer les financements et les investissements européens avec à la clé le besoin de construire de fortes identités régionales et de les promouvoir pour se distinguer des autres régions voisines ou éloignées (Weihe-Linderborg, 2000).

Le développement territorial, comme le marketing territorial, renvoie à la coordination entre les parties prenantes qui conditionne son succès par le partenariat entre acteurs publics et privés et par l'implication des habitants du territoire. Cette coordination entre les acteurs au niveau territorial et au-delà, suppose une proximité territoriale, condition du dynamisme des acteurs locaux. La proximité géographique mais aussi organisationnelle, donc territoriale qui représente une interaction entre les deux, permet la valorisation des ressources locales et la création d'un tissu social, dans lequel différents acteurs, publics, privés et associatifs prennent part aux stratégies de développement, et participent au succès du marketing des territoires.

2 DU MARKETING AU MARKETING DES TERRITOIRES

Le marketing a plusieurs définitions, correspondant chacune à une période du marketing et à un contexte particulier. Néanmoins, il est reconnu que sa définition officielle (Volle, 2011) a évolué de la distribution des biens dans les années 30, à la création de valeurs pour les clients et à la relation client, dans les années 2000. Ce changement essentiel a participé à l'adaptation du marketing aux organisations publiques territoriales.

Le marketing est également passé d'une vision dominée par les biens, où les éléments tangibles et les transactions discrètes sont centraux, à une vision dominée par le service, où l'intangibilité, l'évolution de l'échange, et les relations sont essentielles (Kaplan, 2007). Le marketing traditionnel, avec ses outils classiques, ne pouvait pas s'appliquer tel quel aux territoires. C'est l'émergence du marketing des services et celle du marketing relationnel qui a contribué à jouer un rôle clé dans l'affirmation d'un marketing public, adopté par les organisations publiques dans un environnement dominé par la philosophie du management public, et qui a contribué à lui fournir des axes de réflexion et des outils plus pertinents (Rochette & Cassière, 2012).

Le marketing des territoires (place marketing en anglais et de plus en plus souvent place branding) est une démarche qui vise à élaborer, sur la base de la connaissance de l'environnement, géographique, démographique, culturel, économique, social et politique, l'offre territoriale (Chamard et al., 2013). Il est généralement associé au marketing des organisations territoriales dans la mesure où un territoire ne peut se développer que par l'intermédiaire d'organisations (généralement des institutions administratives, les conseils régionaux pour les régions, les agences de développement, les agences de promotion des investissements, les chambres de commerce, les centres régionaux d'investissement, etc.).

Dans la littérature, on parle indifféremment de marketing territorial et de marketing des territoires, ces deux termes semblant être interchangeables. Nous pouvons néanmoins rappeler, avec Girard (1999) et Meyronin (2009), qu'il existe pour chaque territoire, plusieurs territoires, des territoires personnels, relationnels et de projet. Pour une question de commodité, nous utiliserons cependant dans le cadre de cette communication le terme de marketing territorial.

Certains des outils du marketing, comme la communication par exemple, sont utilisés par le secteur public depuis plusieurs années déjà. Le fait qu'une région ou une commune se façonne une image auprès du grand public et se dote d'outils de communication tels que des slogans ou des logos n'étonne donc plus guère. Souvent doté d'organisations professionnelles et de budgets importants dans les collectivités locales, le marketing territorial sert non seulement de stratégie de promotion visant à donner une image favorable au territoire, mais s'impose progressivement comme un outil important d'aménagement et de la gestion des territoires (Van Den Berg & Braun 1999), comme « *l'une des composantes du management urbain et, partant, du management public territorial* » (Meyronin, 2009), et suppose donc, par son action, le principe de gouvernance territoriale (Noisette & Vallérugo, 2010). Sa mise en œuvre doit être pensée dans le cadre d'objectifs publics de développement, en particulier dans leur dimension sociale.

Le développement territorial renvoie à la coordination d'acteurs (Benko & Lipietz, 1992; Campagne & Pecqueur 2014), un acteur étant à la fois un individu ou une organisation (Leloup 2010). Dans le cas du marketing territorial, nombreux sont les auteurs qui conditionnent son succès par le partenariat entre les acteurs publics et privés et l'implication des habitants du territoire (Hospers, 2011; Zenker, 2014).

Le Maroc, comme le reste des pays du monde, est ouvert sur les influences extérieures. Mondialisation oblige, le monde connaît une tendance accélérée à l'universalité et à la défrontiérisation (Wackermann, 2007). Cette ouverture sur le monde met le Maroc à l'échelle nationale, mais aussi celle des régions, au moins dans l'esprit des élus et des gestionnaires territoriaux, en compétition avec les autres pays et régions similaires, notamment ceux du pourtour méditerranéen, pour l'attraction des investissements directs étrangers (IDE). Cette évolution s'accompagne par le développement de pratiques de marketing, qui ne portent pas toujours leurs noms, par certaines villes et régions du Maroc pour promouvoir leur attractivité, dont notamment, les villes de Marrakech, Essaouira, Tanger ou les régions de l'Oriental et Souss-Massa-Draa, pour ne citer que ces exemples.

3 RÉGIONALISATION AU MAROC: UN PROCESSUS EN COURS DEPUIS LONGTEMPS

Au Maroc, la régionalisation a été menée de façon graduelle au gré des évolutions des territoires, des mutations des comportements des acteurs, et des contraintes économiques, sociales et spatiales nouvelles. Même si l'idée de région n'est pas nouvelle, et datant de bien avant le protectorat, ce n'est qu'en 1971 que le pays a connu la création des régions comme instruments de développement économique et social. La région ne sera cependant promue collectivité locale, au même rang que les autres échelons décentralisés, provinces, préfectures et communes, qu'avec la révision constitutionnelle de 1992, qui va la doter de la garantie d'existence, de l'autonomie locale et d'une certaine autonomie politique.

Depuis l'indépendance du Maroc en 1956, et jusqu'à nos jours, la décentralisation a constitué pour les pouvoirs publics marocains un choix stratégique. Elle commença par petites étapes, il y a plus de 50 ans, l'Etat attribuant aux collectivités territoriales de plus en plus de prérogatives, d'autonomie, de compétences, mais sans beaucoup de moyens cependant.

Le lancement de la dynamique de la régionalisation avancée a été par la suite relancée en 2010 par la nomination de la commission consultative de la régionalisation, chargée d'élaborer une conception générale d'un modèle marocain de régionalisation qui sera introduit dans la constitution de 2011, et sera accompagné par le passage du découpage administratif de 16 à 12 régions en 2015, et l'adoption de la loi relative à la région en 2015. La période 2015-2019 a été celle de la construction, alors que l'année 2020 est considérée par les pouvoirs publics comme celle de l'accélération du déploiement.

Cette évolution est à l'origine d'un regain d'intérêt pour le territoire, devenu espace de vie et d'initiatives pour mieux l'organiser, et pouvoir mieux y vivre. La Région semble représenter « un relais privilégié entre le national et le mondial » (Ben Hachem El Harouni, 2008), et est le niveau idéal entre l'Etat et le niveau le plus bas des collectivités territoriales, c'est à dire la commune, constituant l'unité territoriale et sociale fondamentale du développement. La région est aussi le meilleur niveau territorial pour la conduite de politiques et stratégies de marketing territorial, la commune n'ayant ni les ressources humaines, ni les ressources financières pour s'y atteler alors que les prérogatives de la province ne le lui permettent pas.

4 MARKETING ET TERRITOIRES: TYPOLOGIE DES ACTEURS

Depuis les dernières décennies, et le règne des méthodes et des outils du Nouveau Management Public dans les collectivités territoriales, le territoire est souvent assimilé à une entreprise, et est géré comme telle par une nouvelle génération d'élus, plutôt managers qu'administrateurs. Pour Bertacchini (2004), le territoire est "une entreprise d'intelligence collective" dont les acteurs locaux doivent partager la même vision de développement et être impliqués étroitement dans ses stratégies de marketing, dans un véritable effort de coopération. La mise en place de stratégies marketing suppose l'implication de parties

prenantes (PP) internes (acteurs publics et privés du territoire) mais aussi de PP externes (acteurs publics au niveau national, coopération internationale,...).

Dans la littérature sur l'implication des parties prenantes, on trouve essentiellement des situations où c'est l'organisation qui réagit à la sollicitation de parties prenantes externes (Freeman, 1994). Il s'agit alors d'une approche réactive qui se traduit par une littérature qui décrit les réponses organisationnelles à ces sollicitations.

Dans la situation analysée, nous sommes dans un scénario inverse à cette tendance, avec une approche proactive du territoire, qui cherche à obtenir l'implication des parties prenantes pertinentes car cette implication est une condition pour la réussite des démarches de marketing territorial. Ce cas rejoint celui décrit par El Abboubi & Cornet (2010) qui ont mobilisé la théorie des parties prenantes dans le cas d'entreprises cherchant à impliquer leurs parties prenantes dans des processus de certification.

Dans le cadre de cette communication, nous analyserons le processus d'implication des parties prenantes quand le territoire (assimilé à une entreprise) est demandeur et a des revendications vis-à-vis de ses parties prenantes.

Les PP à impliquer dans une démarche de marketing territorial sont nombreuses. Pour Klijn et al. (2012), le branding, et plus généralement le marketing des territoires, impliquent aussi bien le privé que le public, et des organisations aussi diverses que les offices du tourisme, les hôtels, les musées, les chambres de commerce et les municipalités. Pour Kotler et al. (1993), les principaux acteurs ou parties prenantes du marketing territorial peuvent être classés en quatre catégories, acteurs locaux, régionaux, nationaux et internationaux.

Nous présentons, ci-dessous, cette typologie en la complétant, pour le cas de la Région de l'Oriental du Maroc.

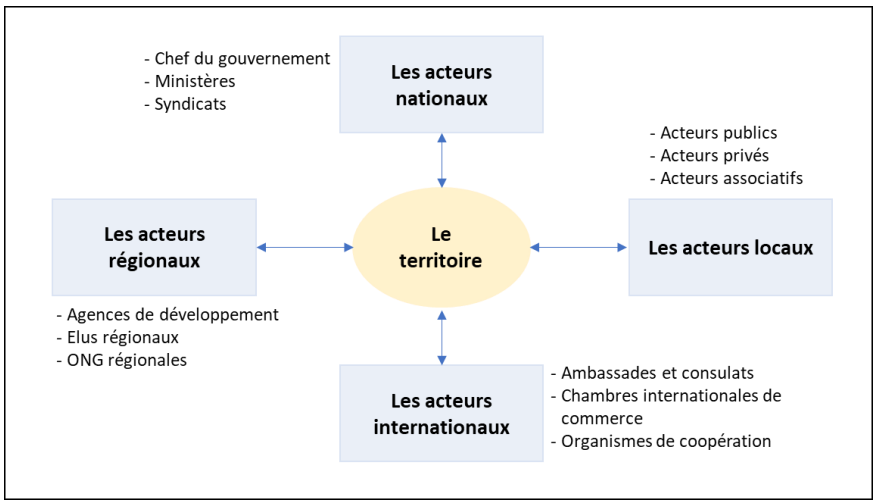


Fig. 1. Les acteurs du marketing de la région de l'Oriental

Dans le cadre de la présente recherche, en mobilisant la théorie des PP, nous avons choisi de combiner la typologie de Pellé-Culpin (1998) qui distingue les PP institutionnelles, économiques et éthiques, et celle de Clarkson (1995) (PP volontaires et involontaires) qui nous permettront d'identifier les catégories des PP les plus pertinentes dans le cas de la région étudiée, avec le modèle de Mitchell et al. (1997) qui permet d'identifier le positionnement des PP autour de trois attributs: le pouvoir, la légitimité et l'urgence.

5 MARKETING TERRITORIAL ET THÉORIES DE LA PROXIMITÉ

L'autre éclairage théorique de notre recherche est le concept - complexe, et multiforme - de proximité, considérée comme un atout, et donc recherchée, car elle offre une ressource, celle d'être en contact avec d'autres individus, des organisations et des institutions (Rallet, 2002).

L'intérêt pour les questions de proximité semble être relativement ancien, et s'est longtemps trouvé au cœur des débats de l'analyse spatiale ou régionale représentées par les travaux de Von Thunen, Loch ou Weber (Torre et al., 1992). Mais ce sont les travaux de Becattini et de son équipe sur les districts industriels de la petite Italie qui ont popularisé l'approche en termes de proximité en économie industrielle, la théorie de la proximité étant née d'un besoin de "*théoriser le territoire*" (Bertrand and Moquay, 2004).

Les travaux traitant de la proximité sont abondants depuis le début des années 1990. Ils sont représentés par un courant de pensée apparu à la suite d'un regroupement initial d'économistes identifiés comme école française de la proximité, qui est ensuite rejoint par des chercheurs d'autres disciplines (sociologie, histoire, géographie) formant le collectif de recherche « Dynamique de proximités ».

Initialement orientée vers les mondes de la production et de l'innovation, l'analyse de la proximité s'est progressivement élargie à de nouvelles disciplines et à de nouveaux champs d'analyse, avec les questions de transport, d'emploi, d'environnement, d'aménagement du territoire, ou de politique de la ville (Pecqueur & Zimmermann, 2004). A notre connaissance, elle n'a pas encore été mobilisée dans le cadre des travaux de recherche sur le marketing territorial. Cet élargissement de l'approche initiale a conduit à reposer la question du lien à l'espace, et permet d'utiliser la notion de proximité pour mieux comprendre la coordination des acteurs (Razafindrazaka, 2012).

Aujourd'hui, le débat sur la proximité repose sur une distinction entre deux catégories de proximités, l'une d'essence spatiale, physique et l'autre d'essence non spatiale, socio-économique (Bouba-Olga & Grossetti, 2008). Mais c'est la place donnée aux institutions qui est au centre des débats sur la proximité. Ainsi, deux approches importantes sont en vigueur. La première distingue trois types de proximité: géographique, organisationnelle et institutionnelle. La seconde approche quant à elle distingue entre la proximité géographique et la proximité organisée (Talbot, 2010). Ce foisonnement de différents genres de proximités explique pourquoi on parle souvent dans la littérature d'économie de proximités au pluriel. De façon générale, toute définition de la proximité donne une place centrale aux interactions entre acteurs (Rallet, 2002). Ces interactions, peuvent prendre différentes formes, formelles ou informelles, marchandes ou non marchandes (Torre, 2002).

L'ensemble des travaux sur la proximité mettent en exergue le rôle des liens sociaux dans l'action économique, faisant l'hypothèse que la constitution de communautés, de réseaux, autour de valeurs morales, de conventions, de normes, de croyances, de représentations, d'un lieu, etc., est un ingrédient essentiel pour atteindre un niveau suffisant de coordination d'une part, et affecte les modalités des coordinations d'autre part (Talbot, 2010), pour traiter de problématiques aussi bien productives que non productives (Torre, 2002). Si la proximité géographique est un atout car elle facilite le partage de repères et des pratiques (Talbot, 2006), elle n'a pas vocation à résoudre, « *spontanément, et de manière providentielle, les défauts de coordination* » et qu'une « *divergence des interprétations et des anticipations (...) semble largement plus réaliste qu'une quelconque convergence vers des dynamiques collectives d'acteurs* » (Lecoq, 2001). Ainsi, la proximité d'acteurs dans un espace ne conduit pas nécessairement à un jeu de coordination. Toutefois, elle peut infléchir ou moduler les conditions de coordination, en jouant un rôle de facilitation et de structuration de coordination (Pecqueur & Zimmermann, 2004). On constate alors que la proximité physique constitue une condition nécessaire mais non suffisante pour la coordination des acteurs (Razafindrazaka, 2006).

6 MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE

Cette recherche s'inscrit dans une perspective interprétativiste. En effet, nous avons pour objectif de comprendre le sens que les individus, les acteurs du territoire, donnent à leurs actions. Le marketing territorial est un domaine de recherche nouveau. Largement investi jusqu'à présent par les praticiens qui ont une visée plutôt normative, la compréhension de ce qu'est le marketing territorial et comment il est mené reste liminaire. Notre projet de connaissance vise à comprendre comment le territoire et ses acteurs (organisations et individus) s'organisent pour mener à bien la stratégie de marketing territorial. La réalité de ces relations entre acteurs hétérogènes appartenant à des organisations publiques, privées ou associatives, se révèle dans leurs comportements et leurs logiques individuelles et collectives, ancrées dans un contexte particulier, d'où le caractère idiographique de cette recherche. L'étude des phénomènes "en situation" (Chabault, 2009) permet de comprendre cette réalité complexe.

L'étude de cas nous semble pertinente, également, tant notre objectif est la compréhension de processus et non la généralisation des résultats. De plus, le contexte ayant, comme nous le verrons, une influence certaine sur les représentations et les pratiques, la généralisation serait de toute façon impossible.

Pour la collecte de données, notre choix s'est naturellement porté vers la méthode de l'entretien semi-directif centré qui présente l'avantage d'être un instrument éprouvé qui offre une bonne garantie pour l'obtention de résultats robustes et significatifs (Wacheux, 1996). La méthodologie utilisée se base sur une triangulation des outils de collecte des données. Elle consiste en une étude documentaire, une étude exploratoire avec des témoins privilégiés, et des entretiens avec les principaux acteurs concernés par la politique marketing de la Région, au niveau local, national et international, publics, privés et associatifs. Nous avons utilisé un échantillon de convenance et effectué vingt-neuf entretiens semi-directifs centrés auprès des hauts responsables et des acteurs de la région de l'Oriental marocain.

Les données collectées ont été analysées en utilisant la méthode de l'Analyse de Contenu Thématique (ACT) avec l'aide du logiciel NVIVO. A partir d'une grille de codage établie sur la base du cadre conceptuel et qui a intégré les thèmes émergents au fur et à mesure de l'analyse, le corpus de connaissances a été analysé.

Le cas étudié est la région de l'Oriental marocain. Troisième plus grande région du Maroc, elle est située au nord-est du Maroc, sur une superficie de 90 130 $km^{2,}$ soit 12,7% du territoire national. Cette région connaît une problématique spécifique liée à son positionnement géographique, à la frontière avec un autre pays, l'Algérie, et l'impact important sur son économie de la fermeture de cette frontière terrestre depuis 1994. Les pouvoirs publics ont donc décidé de dépasser ce blocage en lançant en 2003 une ambitieuse stratégie de développement et de marketing de la région. Notre cas a été choisi pour plusieurs raisons objectives, liées au modèle économique qu'elle connaît, au schéma d'organisation territoriale en place, et à notre problématique de recherche.

7 RÉSULTATS

7.1 LES ACTEURS DU MARKETING TERRITORIAL

7.1.1 LES PP INSTITUTIONNELLES, ÉTHIQUES ET ÉCONOMIQUES

Les PP institutionnelles sont celles qui sont liées aux lois, aux réglementations, entités inter-organisationnelles, et organisations professionnelles (Pellé-Culpin, 1998; Damak-Ayadi & Pesqueux, 2003). D'une manière générale, le terme institutions désigne « *l'ensemble des règles, régies par le droit, établies en vue de la satisfaction d'intérêts collectifs. Par extension, il désigne également les organismes visant à les maintenir* » (Larousse[1]). Ces institutions peuvent être publiques ou privées. Dans cet esprit, nous considérons, dans le cadre de cette recherche, comme PP institutionnelles, les Ministères et leurs représentations régionales, dont le Centre régional d'investissement, en tant que service extérieur du Ministère de l'Intérieur, l'Agence de développement de l'Oriental, les collectivités territoriales de différents niveaux (régional, provincial et local), les chambres professionnelles, les autorités locales, et l'Université.

L'analyse des thèmes codés pour la catégorie "Parties prenantes" montre que les PP institutionnelles ont été largement les plus évoquées, aussi bien dans la documentation que dans les entretiens réalisés, suivies par les PP éthiques, et enfin les PP économiques.

Pour les acteurs de la Région, les PP institutionnelles sont les plus concernées par le marketing de la région, avec à leur tête, l'autorité locale, représentée par le Wali[2,] qui continue à jouer le rôle de patron de la région, à travers son rôle de coordinateur de tous les acteurs, dont les services déconcentrés, mais aussi des élus locaux. Les autres acteurs ne manquent pas de répondre présents quand une initiative est lancée ou coordonnée par la Wilaya, mais pas par un autre acteur du territoire.

Citons à ce sujet un des interviewés, représentatif des autres acteurs de la région: « *Les acteurs principaux sont: d'abord Le chef d'orchestre c'est le wali. Sous l'égide duquel se trouve un certain nombre d'acteurs. Et il y a la région qui se profile de plus en plus, même si elle n'est pas encore bien, elle est importante* ». Alors que pour le secteur privé, les trois PP que sont l'autorité locale, le Conseil régional et l'Agence de l'oriental sont également importants: « *Eh bien, Ecoutez, si je lis bien les nouvelles institutions, je dirai que le triangle Conseil régional, Wilaya, Agence, est quasiment indestructible, c'est entre ces acteurs là que l'essentiel va se jouer, après il y a un monde plus périphérique dans lequel il y a les chambres de commerce, CRI, un certain nombre d'autres acteurs, y compris associatifs, qu'il faut placer à haut niveau puisque c'est très proche des sensibilités réelles, mais le triangle magique actuel, je le vois comme ça* ».

[1] Encyclopédie Larousse en Ligne, consulté le 18 mai 2017, sur le lien : http://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/institution/61771
[2] Le wali est l'équivalent du préfet de région en France

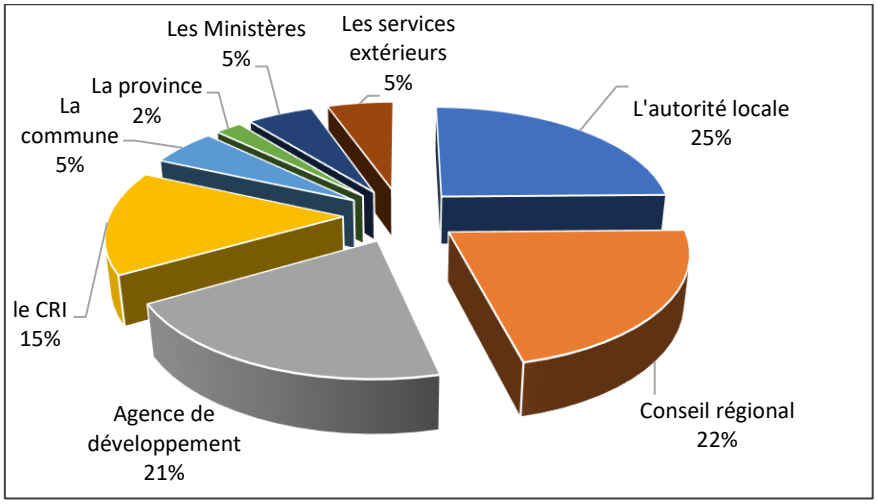


Fig. 2. Différentes composantes de la catégorie PP institutionnelles de la région de l'Oriental

A côté de l'autorité locale, le Conseil régional semble avoir un rôle important de leader à jouer au niveau de la région à l'aune du projet de régionalisation avancée. Cependant, les élus essuient beaucoup de reproches de la part des acteurs de la région dont ils ne réfutent totalement la véracité: manque de formation, capacité limitée de gestion du territoire, manque de compétences, rivalité avec les associations dont ils entravent souvent les projets, ainsi que la priorité souvent accordée à leurs intérêts personnels au détriment des projets de la collectivité.

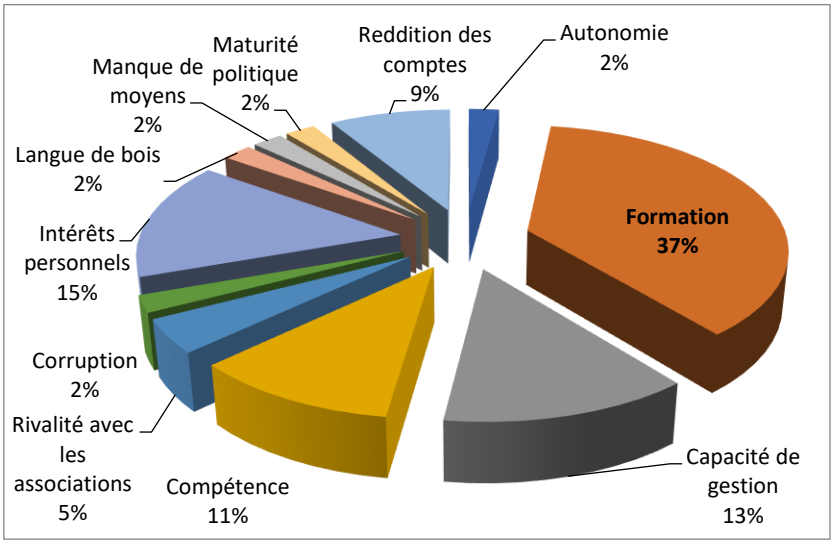


Fig. 3. Principaux griefs contre les élus de la région de l'Oriental

L'essor du marketing territorial pendant ces dernières décennies peut être expliqué par, notamment, l'émergence d'une génération d'élus, « *maires entrepreneurs* » (Meyronin, 2009) ou présidents de régions, diplômés des grandes écoles de commerce. Au Maroc, nous assistons à l'émergence d'une nouvelle génération d'hommes politiques, avec des niveaux d'éducation supérieure, dans les domaines du management et de la communication. Cependant, il faut relativiser ce paramètre, car il ne suffit pas d'être diplômé en communication ou en management pour être sensibilisé à l'importance du marketing des territoires, la nomination de ces personnalités à la tête de certaines régions, parmi les plus importantes au Maroc, Marrakech ou la région de Souss-Massa, n'a pas eu d'impact sur la mise en place de stratégie marketing dans ces territoires.

L'analyse a également montré l'importance de l'implication, dans tout le processus de marketing de la région, des acteurs associatifs, plébiscités par l'ensemble des acteurs interviewés. Cependant, quelques réticences persistent par rapport à l'implication d'autres acteurs que « le Public », qui se voit seul pilote de tout le projet de marketing de la région, les associations

devant être confinées à un rôle de proposition, et devant simplement être « consultées ». Les acteurs associatifs sont quant à eux conscients des limites de leurs actions, au vu des ressources humaines et matérielles limitées dont ils disposent, et de leur besoin de formation et d'encadrement.

Pour parler des associations[3], les acteurs interviewés ont utilisés le terme société civile, qui n'est ni l'Etat et ses différents démembrements, ni les entreprises. La société civile est une notion ancienne, conflictuelle et idéologique, dont la définition a varié selon les époques et les projets politiques. Aujourd'hui, elle est identifiée comme l'envers de l'État, et est parée de toutes les vertus. Au Maroc, le nombre d'associations a explosé ces dernières années en passant de 4000 au début des années 1990 à 116.836 en 2014, puis à 130.000 en 2016, selon le premier rapport gouvernemental annuel sur le partenariat entre l'Etat et les associations et organisations de la société civile, présenté en mars 2016. Selon cette même source, le montant des subventions publiques accordées aux associations de la société civile a atteint plus de 2 milliards de DH en 2014, outre des aides non pécuniaires, tels l'accompagnement, l'encadrement et le soutien technique et logistique. Cette prolifération des associations peut être interprétée comme un moyen de suppléer, voire combler les failles de l'action publique, car les associations ne sont plus simplement mises à contribution dans le cadre d'instances de réflexion mais aussi pour développer des projets d'action financés par les pouvoirs publics. Dans l'Oriental, la seule étude disponible, réalisée par le Haut-Commissariat au Plan en 2007, donne le chiffre de 3305 associations pour la région de l'Oriental. Ces associations sont d'ailleurs actives dans différents domaines, dont le développement, la culture, l'environnement, le sport, etc. et fonctionnent en partenariat avec les différents acteurs publics de la région, dans un cadre de contractualisation.

Dans le cadre des démarches de marketing des territoires, l'accent est souvent mis sur la nécessité de constituer des PPP pour marketer le territoire d'une façon concertée et homogène. Pour Gollain (2014), les acteurs économiques d'un territoire ont besoin de s'inscrire dans des démarches collectives de promotion et de prospection, et de « *chasser en meute* » dans le cadre d'une « *organisation efficace* » (Gollain, 2014).

La toute nouvelle loi organique 111-14 sur les régions, publiée en 2015, met en avant le rôle des acteurs privés dans l'élaboration du schéma régional d'aménagement du territoire auquel ils doivent être associés, au même titre que tous les autres acteurs du territoire. Cependant, les parties prenantes économiques, représentées par les entreprises de la Région et leur représentation la CGEM[4], ont été très faiblement impliquées, jusqu'à présent, dans la stratégie de développement régional ou la démarche de marketing territorial. Les acteurs économiques interviewés déplorent le manque d'implication du tissu économique dans les affaires de la région qu'ils justifient par la culture locale, où les gens ne seraient pas enclins à l'ouverture sur les autres et au travail en réseau, mais également par manque d'intérêt pour une structure représentative (la CGEM) qui n'apporte pas de valeur ajoutée aux entreprises de la région.

On peut ainsi noter que les acteurs publics se voient le leader et le pilote de la stratégie marketing du territoire, les autres parties prenantes, qu'elles soient économiques ou associatives (éthiques), sont au mieux associées selon différentes modalités, ou au pire simplement consultées. Ce qui diffère assez largement de ce qui se fait dans d'autres pays et d'autres régions.

7.1.2 LES RÉSIDENTS, L'UNIVERSITÉ ET LA COOPÉRATION INTERNATIONALE

Nous avons identifié au niveau du cadre théorique deux catégories de parties prenantes concernées par le marketing territorial, à savoir les PP volontaires et les PP involontaires. Dans la catégorie PP volontaires, nous considérons les PP institutionnelles, économiques et associatives, car ces acteurs participent d'une manière ou d'une autre à l'élaboration des politiques territoriales. Dans la catégorie parties prenantes involontaires, nous considérons les résidents du territoire, ou les personnes originaires du territoire mais vivant ailleurs, communément appelés au Maroc les MRE (Marocains Résidant à l'Etranger). En effet ils sont affectés par les politiques publiques décidées et menées dans le territoire, sans y participer expressément. Dans la région de l'Oriental, il y a quasiment unanimité à impliquer les résidents du territoire, mais les modalités préconisées diffèrent. Si certains pensent que les résidents sont déjà impliqués à travers les associations dans le cadre de la démocratie participative, d'autres pensent qu'ils sont impliqués à travers leurs élus, dans le cadre de la démocratie représentative, et donc n'ont pas à l'être dans d'autres cadres.

[3] La liberté d'association est régie au Maroc par le Dahir du 15 Novembre 1958 règlementant le droit de l'association modifié et complété par le Dahir portant loi n° 1-73-283 du 10 avril 1973 et le Dahir n° 1-02-206 du 23 juillet 2002 portant promulgation de la loi n°75-00. Son article 1er définit l'association comme étant : "la convention par laquelle deux ou plusieurs personnes mettent en commun d'une façon permanente leurs connaissances ou leur activité dans un but autre que de partager des bénéfices".

[4] CGEM : Confédération générale des entreprises du Maroc

Si jusqu'à présent peu d'intérêt a été porté par la région à ses résidents, une autre catégorie de PP a été par contre l'objet de beaucoup d'attention, il s'agit des MRE originaires de la région, qu'on appellera les orientaux du monde ou ORE (orientaux résidant à l'étranger). La région ne compte pas forcément sur eux, à tort, comme ambassadeurs pour parler et faire parler de la Région, mais uniquement pour venir investir dans les différents chantiers de développement lancés dans la région. Ainsi, la région organise de temps en temps des visites dans les pays destinataires de l'émigration de l'Oriental (Allemagne, Belgique, France) pour rencontrer les ORE et leur présenter les opportunités d'investissent. Il y a aussi de nombreux projets développés par la coopération internationale (dont par exemple le projet MIDEO de la GIZ, financé par l'UE) pour approcher la diaspora orientale dans ces pays, lui présenter les opportunités et les projets d'investissement et contribuer à lui faciliter les démarches y afférentes.

7.1.3 UN ACTEUR DONT LE RÔLE EST ENCORE MÉCONNU: L'UNIVERSITÉ

Si l'université Mohammed Ier D'Oujda est très dynamique et a très bonne réputation à l'échelle nationale, elle n'est par contre peu ouverte sur son environnement immédiat. Il y a peu de communication entre les acteurs universitaires et les collectivités locales. Les universités sont des acteurs importants du marketing des villes et des régions. Dans un monde où une concurrence féroce se joue à l'échelle globale entre les meilleures universités, la question de l'impact et des retombées de l'existence d'une institution académique de grande ampleur sur le territoire qui constitue son environnement plus ou moins proche, reste très peu étudiée à ce jour.

La présence d'une université produit des effets économiques directs sur le territoire, qui sont de trois genres différents[5]: un effet d'image, un effet d'attractivité et un effet d'écosystème. L'Université Mohamed Ier aura donc un rôle à jouer pour le marketing de la région, à condition que les acteurs publics prennent la mesure de l'importance de cet acteur, et le mettent mieux à contribution à travers des politiques publiques d'encouragement de la recherche & développement et de développement de filières d'enseignement innovantes.

7.1.4 QUEL RÔLE POUR LA COOPÉRATION INTERNATIONALE ?

La coopération internationale est très active dans la Région de l'oriental. Le conseil régional et l'Agence de l'Oriental ont été parmi les premiers acteurs au Maroc à bénéficier de projets de jumelage de l'UE. La CNUCED y est aussi très active pour la facilitation des investissements, ainsi que l'USAID, le PNUD, l'UNICEF, l'ONUDI, la GIZ, les coopérations bilatérales française et espagnole ou encore la coopération décentralisée. Deux de ces acteurs, la CNUCED et l'USAID, ont été directement impliqués dans le marketing de la Région, en apportant aux acteurs locaux (Agence de l'oriental et Conseil régional) leur expertise pour la préparation d'une stratégie de marketing territorial. Malheureusement, ces projets n'ont pas connu d'appropriation par les acteurs de la région et sont restés à l'étape d'étude, ou de réunions d'exploration.

7.1.5 LES PARTIES PRENANTES DU MARKETING DE L'ORIENTAL: LÉGITIMITÉ, POUVOIR ET URGENCE

L'analyse des acteurs du marketing de la région, selon la typologie proposée par Mitchell et al. (1997), que nous avons modifiée en nous inspirant de Brullot et al. (2014), basée sur une classification des PP selon trois attributs, à savoir la légitimité, le pouvoir, et l'intérêt, permet une classification en cinq catégories d'acteurs, telle que représentée sur le tableau ci-après.

[5] Résumé de l'étude ADEUS disponible sur le site : http://www.adeus.org/productions/les-notes-de-ladeus-ndeg233-economie/files/note-233_universite-effets-catalytiques-web.pdf

Tableau 1. Typologie des PP du marketing de l'Oriental selon le nombre des attributs (Légitimité, pouvoir et intérêt)

Acteur/ PP	Légitimité	Pouvoir			Intérêt	Typologie
		Légal	Charismatique	Économique		
Autorité locale	+++ (auprès du privé, administrations, associations, université,...)	+++	-	-	Général	Acteur pivot
Agence de l'Oriental	+++ (auprès de la Coopération internationale, des Médias, des associations,...)	+++	++	+++	Général	Acteur pivot
Conseil régional	+++ (auprès de tous les acteurs)	+++	-	-	Général	Acteur pivot
Secteur privé	+++	+++			Privé	Acteur dormant
Société civile	+++	-	-	-	Commun	Acteur dépendant
Résidents	++	-	-	-	Commun	Acteur discrétionnaire
Université	+++	-	-	-	Commun	Acteur dépendant
Acteurs internationaux	-	-	-	+++	Commun	Acteur moteur

Ainsi, la Wilaya de la Région, l'Agence de l'oriental et le Conseil régional représentent un acteur « Pivot » qui possèdent les trois attributs, c'est-à-dire qu'ils ont à la fois un grand intérêt à s'impliquer dans la démarche de marketing territorial, une relation légitime avec le territoire et le pouvoir d'influencer les projets qui y sont menés. Dans ces conditions, la survie du projet dépend des décisions prises par ces partenaires.

Le secteur privé de la Région représente un acteur dominant, qui a le pouvoir économique et la légitimité économique et technique, mais qui a peu d'intérêt à s'impliquer dans le projet de marketing de la région malgré les sollicitations des acteurs institutionnels et leurs tentatives d'implication des différentes entreprises de la région.

Les représentants de la société civile et l'université sont dans la catégorie des acteurs dépendants, puisqu'ils ont la légitimité des lois et des textes et de l'intérêt, mais ils n'ont pas de pouvoir, sauf à être impliqués par les acteurs publics en charge du projet. Les organismes de la coopération internationale ont le pouvoir économique et technique lié à un savoir-faire technique. Ils ont aussi un grand intérêt pour le marketing de la région à travers les conventions qu'ils ont signées avec la région, mais leur légitimité n'est pas perçue par les acteurs, ce qui laisse les stratégies élaborées ou appuyées par la coopération sans grande suite. Enfin, les citoyens de l'Oriental font partie des parties prenantes « discrétionnaires » qui ont pour seul attribut la légitimité, mais ils n'ont ni le pouvoir d'influencer ce qui se fait sur le territoire, ni de grand intérêt pour ce qui s'y fait, pour le moment. En conséquence, si les acteurs publics en charge du projet décident d'agir en leur faveur, ce n'est que de façon 'volontaire', volonté qui semble manquer pour le moment.

7.2 LA PROXIMITÉ, COMME PRÉALABLE ET CONDITION DE LA COOPÉRATION

Au niveau de notre cadre conceptuel, nous avons identifié la proximité géographique, organisationnelle, comme une condition préalable à la mise en place de relations de coopération entre acteurs d'un même territoire, notamment autour des projets de marketing territorial.

Dans l'Oriental, les acteurs en charge du développement de la Région sont localisés, pour la majorité, dans la capitale de la Région, Oujda. Cependant, un des acteurs pivot du développement et du marketing de la région, à savoir l'Agence de l'Oriental, est installé depuis sa création en 2005, et pendant dix ans, à Rabat. Cela peut sembler problématique pour l'intensité et la fréquence des relations entre l'agence et les autres acteurs de la Région. Cependant, l'Agence ayant pour mission

généralement de « faire faire » en s'appuyant sur d'autres acteurs au niveau de la région, ou ailleurs, pour la réalisation de ses projets, ses dirigeants estiment que la structure n'a pas besoin d'une présence permanente dans la région.

Un autre acteur important de la région, le président de région de 2009 à 2015, n'était pas non plus installé à Oujda, pendant les six années de son mandat, et s'y rendait quand les nécessités des réunions sur place le demandaient. Cela pose donc la question de l'importance de l'inscription des acteurs dans un même territoire, et celle des faibles distances géographiques qui les séparent, susceptibles de favoriser les relations de coopération entre individus et organisations, et donc l'émergence de proximités organisationnelles.

Comme la définissent Colletis et al. (1999), la proximité organisationnelle concerne « *les interactions entre acteurs (individuels et collectifs), à l'intérieur des - ou entre les - organisations (et les institutions formelles) reposant sur un cadre cognitif commun. Elle lie des acteurs participant à une activité finalisée et appartenant à un même espace de rapports: un groupe et ses filiales, l'Etat et des collectivités territoriales, des fédérations syndicales nationales et locales, ou un réseau d'acteurs* » (1999, p. 3). L'analyse des relations entre les acteurs de l'Oriental montre que la proximité géographique n'a pas aidé à l'établissement de relations fortes et institutionnalisées de collaboration entre les acteurs, ni à la formation de cercles d'acteurs spécialisés qui collaborent sur des thématiques précises.

Cependant, certains acteurs mentionnent l'existence de cercles de notables, qui sont présents dans plusieurs catégories d'acteurs, car ils sont en même temps élus, acteurs associatifs, directeurs d'entreprises, et de cette manière, ils sont informés de ce qui se fait dans la Région et se mobilisent pour défendre des intérêts précis, mais pas forcément le projet de marketing de la région.

Nous pouvons ainsi conclure que malgré la proximité géographique de la majorité des acteurs de la Région de l'oriental, cela n'a pas permis l'émergence d'une proximité de nature organisationnelle, leur permettant de se coordonner cognitivement et politiquement, en s'organisant et en se fixant des rôles, ce qui aurait permis d'« *apaiser transitoirement les conflits* » (Talbot 2009, p. 19). Car pour produire du développement, la proximité géographique doit être associée, à des proximités institutionnelle et organisationnelle, l'ensemble pouvant conduire à la création d'une gouvernance locale (Talbot, 2006). La relation entre gouvernance et proximités, même si l'existence de formes de proximités est une condition de la gouvernance locale, sans en être la cause suffisante, est clairement mise en évidence dans la littérature économique et politique. Cependant, les proximités ne sont pas suffisantes, et la gouvernance locale exige la présence d'un projet commun, qui peut impulser l'initiative (Bertrand & Moquay, 2004), projet qui peut être représenté par une stratégie commune de marketing territorial dont l'impact sur le développement de la région, quand elle est bien menée et qu'elle donne ses résultats, n'est plus à démontrer.

8 CONCLUSION

Le marketing territorial est une discipline jeune, encore en pleine évolution, qui souffre d'un manque de robustesse théorique. Il se situe au carrefour de plusieurs champs disciplinaires tels que la géographie, le management (management public, marketing, stratégie), les sciences politiques, les sciences de l'information et de la communication, ou encore la sociologie urbaine et l'économie territoriale. Notre contribution dans le cadre de cet article est de s'intéresser à ce thème dans un pays africain où la recherche sur ce thème est relativement rare, de mobiliser plusieurs disciplines académiques, d'utiliser la théorie de la proximité dans le cadre du management territorial, et d'utiliser des sources primaires issues d'une étude empirique auprès d'un large échantillon d'acteurs du territoire.

Dans le cadre de cette recherche, nous avons pu identifier les principales PP du marketing territorial, à savoir les acteurs publics, les acteurs privés et les acteurs éthiques. Deux autres catégories d'acteurs ont également été identifiées, à savoir les PP volontaires (qui regroupent les acteurs susmentionnés) et les PP involontaires (représentées par les citoyens du territoire), acteurs généralement peu pris en compte dans ces démarches, même à l'échelle internationale (Eshuis et al., 2014). L'ensemble de ces PP ont été classées selon les attributs de la légitimité, du pouvoir et de l'intérêt, pour distinguer celles qui sont les plus importantes à mobiliser dans le cadre de la stratégie de marketing de la région.

Nous avons aussi identifié d'autres parties prenantes du marketing régional, soit qui jouent déjà un rôle important mais peu valorisé, en termes d'expertise, de transfert de savoir-faire, et de financement, comme les organismes de coopération bilatérale et multilatérale, ou les territoires de la coopération décentralisée, qu'il s'agit de mieux mettre à contribution dans le cadre des accords de partenariat. Ou encore l'université, qui améliore l'attractivité du territoire dans lequel elle est implantée grâce à l'innovation, la recherche ou encore l'excellence de son offre d'éducation qui permet l'attraction d'étudiants et de chercheurs du niveau national ou international.

Les organisations au niveau territorial sont des coalitions d'individus avec, pour la plupart, des intérêts concurrentiels. Même s'ils partagent des objectifs communs en relation avec le développement du territoire, ils posent cependant des objectifs conflictuels, issus des différences dans leurs préférences, et surtout dans leurs intérêts souvent contradictoires (Eisenhardt & Zbaracki, 1992). Les stratégies particulières et les projets personnels des dirigeants de ces organisations influencent les relations de pouvoir au niveau territorial.

Les projets du marketing territorial doivent être portés par de fortes personnalités, des leaders, qui doivent incarner le territoire, connaitre son espace géographique et ses acteurs, et être capable de gérer les conflits inhérents au fonctionnement du territoire. Notre recherche a montré que le Conseil régional est le mieux à même de jouer ce rôle grâce à la légitimité et le pouvoir dont il bénéficie dans le cadre du projet de régionalisation avancée, encore faut-il qu'il en possède les qualités.

REFERENCES

[1] Ben Hachem El Harouni, S., 2008. La construction régionale au Maroc: dynamique et enjeux REMALD, ed. REMALD, 60 (Thèmes actuels), p.488.

[2] Benko, G. & Lipietz, A., 1992. Les régions qui gagnent. Districts et réseaux: les nouveaux paradigmes de la géographie industrielle.

[3] Bertacchini, Y., 2004b. Le territoire, une entreprise d'intelligence collective à organiser vers la formation du capital formel local. *Communication et organisation,* 25, p.11.

[4] Bertrand, N. & Moquay, P., 2004. La gouvernance locale, un retour à la proximité. *Économie Rurale,* 280 (1), pp.77–95.

[5] Bouba-Olga, O. & Grossetti, M., 2008. Socio-économie de proximité. *Revue d'Economie Régionale et Urbaine,* (3), pp.311–328.

[6] Brullot, S., Maillefert, M. & Joubert, J., 2014. Stratégies d'acteurs et gouvernance des démarches d'écologie industrielle et territoriale. *Écologie industrielle, économie de la fonctionnalité,* 5 (Février 2014), pp.1–26.

[7] Campagne, P. & Pecqueur, B., 2014. Le développement territorial. Une réponse émergente à la mondialisation. Paris, Éditions Charles Léopold Mayer (ECLM), 268 p. (ISBN 978-2-84377-184-2).

[8] Chabault, D., 2009. Gouvernance et trajectoire des réseaux territoriaux d'organisations: une application aux pôles de compétitivité. Université François -Rabelais de Tours.

[9] Chamard, C., Liquet, J.-C. & Mengi, M., 2013. L'image de marque des régions françaises: évaluation du ―capital territoire‖ par le grand public. *Revue Française du Marketing,* (244/245), pp.27–43.

[10] Clarkson, M.B.E., 1995. A Stakeholder Framework for Analyzing and Evaluating Corporate Social Performance. *The academy of Management review,* 20 (1), pp.92–117.

[11] Colletis, G. et al., 1999. Construction territoriale et dynamiques productives. *Sciences de la société,* 48, pp.25–46.

[12] Damak-Ayadi, S. & Pesqueux, Y., 2003. La théorie des parties prenantes en perspective. *Business Ethics Quarterly,* pp.1–24.

[13] Eisenhardt, K.M. & Zbaracki, M.J., 1992. Stratégic Decision Making. *Stratégic Management Journal,* 13 (Winter, 1992), pp.17–37.

[14] El Abboubi, M. & Cornet, A., 2007. La PME face aux processus de certification sociale SA8000: le cas WebTel. *Revue Internationale P.M.E,* 20 (3–4), pp.95–119.

[15] El Abboubi, M. & Cornet, A., 2010. L'implication des parties prenantes comme un processus de construction sociale. Analyse à partir de la théorie de l'acteur-réseau. *Management & Avenir,* 33 (3), p.275.

[16] Eshuis, J., Klijn, E.-H. & Braun, E., 2014. Marketing territorial et participation citoyenne: le branding, un moyen de faire face à la dimension émotionnelle de l'élaboration des politiques ? *Revue Internationale des Sciences Administratives,* 80 (1), p.153.

[17] Freeman, R.E., 1994. The Politics of Stakeholder Theory. Business Ethics Quarterly, 4, pp.409–421.

[18] Girard, V., 1999. Contribution à l'étude du marketing territorial: le cas des projets de ville et d'agglomération françaises. Thèse de Doctorat en Sciences de Gestion, Université Lyon 3.

[19] Gollain, V., 2014. Réussir sa démarche de marketing territorial, méthodes techniques et bonnes pratiques. T. Éditions, ed. Voiron.

[20] Greenberg, M., 2008. Branding New York: How a City in Crisis Was Sold to the World, New York: Routledge.

[21] Hospers, G.J., 2011. Place marketing in shrinking Europe: Some geographical notes. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie,* 102 (3), pp.369–375.

[22] Kaplan, A.M., 2007. Apports et limites du marketing dans l'administration publique. ENA Paris.

[23] Kavaratzis, M., 2009. What can we learn from city marketing practice? *European Spatial Research and Policy,* 16 (1), pp.41–58.

[24] Klijn, E.-H., Eshuis, J. & Braun, E., 2012. The Influence of Stakeholder Involvement on The Effectiveness of Place Branding. *Public Management Review,* 14 (4), pp.499–519.
[25] Kotler, P., 2009. Foreword. In Moilanen, T. and Rainisto S. How to brand nations, cities and destinations. A planning book for place branding. New York, 202 p.
[26] Kotler, P., Asplund, C., Rein, I. & Haider, D., 1999. *Marketing Places Europe* P. E. Ltd, ed., London.
[27] Lecoq, B., 2001. Dynamiques de proximité dans une économie hors de l'équilibre. In *Troisièmes journées de la Proximité, Paris, 13-14 décembre.*
[28] Leloup, F., 2010. Le développement territorial et les systèmes complexes: proposition d'un cadre analytique. *Revue d'Économie Régionale & Urbaine,* 4 (Octobre), pp.687–705.
[29] Metaxas, T. & Deffner, A., 2013. *Using Critical Path Analysis (CPA) in Place Marketing process,* MPRA Paper No. 51231, Online at http://mpra.ub.uni-muenchen.de/51231/.
[30] Metaxas, T., 2011. Prague after 1989: planning and marketing the future. *Innovative marketing,* 7 (2), pp.81–91.
[31] Meyronin, B., 2009. *Le marketing territorial,* Vuibert, Paris.
[32] Mitchell, R.K., Agle, B.R. & Wood, D.J., 1997. Toward a theory of stakeholder identification and salience: défining the principle of who and what really counts. *Academy of Management,* 22 (4), pp.853–886.
[33] Moilanen, T. & Rainisto, S., 2009. How to Brand Nations, Cities and Destinations, A planning book for Place Branding Palgrave Macmillan, ed., UK.
[34] Noisette, P. & Vallérugo, F., 2010. Un monde de villes: le marketing des territoires durables., Ed. de l'Aube.
[35] Pecqueur, B. & Zimmermann, J.-B., 2004. *Économie de proximités* Lavoisier. B. Pecqueur & J.-B. Zimmermann, eds., Paris.
[36] Pellé-Culpin, I., 1998. Du paradoxe de la diffusion d'information environnementale par les entreprises européennes. Thèse de Doctorat en Sciences de Gestion, Université Paris 9.
[37] Rainisto, S.K., 2003. Success factors of place marketing: a study of place marketing practices in northern Europe and the United States. Helsinki University of Technology.
[38] Rallet, A., 2002. L'économie de proximités: Propos d'étape. Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement, INRA Editions, 33, pp.11–25.
[39] Razafindrazaka, T., 2009. L'entrepreneuriat comme outil de développement territorial: construction d'un référentiel théorique. In *« La vulnérabilité des TPE et des PME dans un environnement mondialisé«, 11es Journées scientifiques du Réseau Entrepreneuriat, 27, 28 et 29 mai 2009, INRPME, Trois-Rivières, Canada*. p. 14.
[40] Razafindrazaka, T., 2012. *Trajectoires territoriales: acteurs et praxis en récits*. Thèse pour l'obtention du Doctorat en Administration, Université du Québec à Trois-Rivières.
[41] Rochette, C. & Cassière, F., 2012. La marque Région: entre l'acculturation technique des collectivités territoriales et identité régionale. In *11th International Marketing Trends Conference, Venice, 19-21 January 2012.* p. 24.
[42] Talbot, D., 2010. La dimension politique dans l'approche de la proximité. *Geographie Economie Societe,* 12 (2), pp.125–144.
[43] Torre, A. et al., 1992. Études Empiriques: Et pourtant ça marche ! (Quelques réflexions sur l'analyse du concept de proximité). *Revue d'économie industrielle,* 61 (1), pp.111–128.
[44] Torre, A., 2002. Réflexions sur la proximité. In Vodoz L. (ed.), NTIC et Territoires, Presses polytechniques et universitaires romandes. pp. 1–15.
[45] Van Den Berg, L. & Braun, E., 1999. Urban Competitiveness, Marketing and the Need for Organising Capacity. *Urban Studies,* 36 (5–6), pp.987–999.
[46] Volle, P., 2011. Marketing: comprendre l'origine historique. *MBA Marketing, Eyrolles (Ed.) (2011),* pp.23–45.
[47] Wacheux, F., 1996. Alliances: conséquences stratégiques et organisationnelles. *Revue Française de Gestion,* mars-mai, pp.13–24.
[48] Wackermann, G., 2007. Quel sens pour la notion de frontière dans la mondialisation ? *Cités,* 3 (31), pp.83–91.
[49] Ward, S., 1998. Selling Places: The Marketing and Promotion of Towns and Cities 1850 – 2000., Londres: Routledge, Oxon. P.
[50] Weihe-Linderborg, L., 2000. Europe of Regions - a Growing Reality. (The structural Change in Europe: Innovative Cities and Regions) Hagbarth Publication, ed., Bollschwei.
[51] Zenker, S., 2014. Let them do the work: a participatory place branding approach work. *Journal of Place Management and Development,* 7 (3), pp.225–234.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 4 Jun. 2023, pp. 1647-1655
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Dynamique spatio-temporelle du littoral entre Abouakro et Assouindé (Côte d'Ivoire)

[Spatio-temporal dynamics of the coastline between Abouakro and Assouindé (Côte d'Ivoire)]

Djahouié Prisca Beugré[1], Malé Gbêgbé[2], and Guy Serge Konan[2]

[1]Laboratoire des Milieux Naturels (LAMINAT), Institut de Géographie Tropicale (IGT), Université Felix Houphouët-Boigny (UFHB), Abidjan, Côte d'Ivoire

[2]Laboratoire de Géologie, Ressources Minérales et Energétiques, UFR Sciences de la Terre et des Ressources Minières (UFR-STRM), Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The study of the spatio-temporal dynamics of the coast between abouakro and assouindé was carried out from the analysis of the average profiles of beaches over the period 2015-2017. This analysis showed that the morphology of the studied beaches is dominated by a rectilinear shape on the Aboukro-Village station, while it alternates between concave and convex shape on all the beaches of Aboukro- Cokiplage at Assouindé-Valtur. The profiles show low slopes (2%) in periods of low marine agitation (December-February) and medium slopes (7%) in periods of strong agitation (July-September). The study of the evolutionary trend has highlighted an alternating dynamic between erosion and enrichment of the beaches depending on the swell climate, which gives a relatively stable character to this area. This stability is disturbed by exceptional swells which cause significant erosion and a notable advance of the coastline with rates of retreat of more than 3 meters.

KEYWORDS: Sedimentary dynamics, wave, coastline, Aboikro-Assinie Ivory Coast.

RESUME: L'étude de la dynamique spatio-temporelle du littoral entre abouakro et assouindé a été réalisée à partir de l'analyse des profils moyens de de plages sur la période 2015-2017. Cette analyse a montré que la morphologie des plages étudiées est dominée par une forme rectiligne sur la station Aboukro-Village, alors qu'elle alterne entre forme concave et forme convexe sur l'ensemble des plages d'Aboukro-Cokiplage à Assouindé-Valtur. Les profils présentent des pentes faibles (2%) en période de faibles agitations marines (décembre-février) et des pentes moyennes (7%.) en période de fortes agitations (juillet-septembre). L'étude de la tendance évolutive a mis en évidence une dynamique alternative entre érosion et engraissement des plages en fonction du climat de houle, ce qui donne un caractère relativement stable à cette zone. Cette stabilité est perturbée par des houles exceptionnelles qui provoquent des érosions significatives et une avancée notable du trait de côte avec des taux de recule de plus 3 mètres.

MOTS-CLEFS: Dynamique sédimentaire, houle, trait de côte, Aboikro-Assine, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

Le littoral d'Abouakro-Assouindé est une côte basse situé à l'Est du bassin sédimentaire ivoirien et abrite des plages les plus prisées en Côte d'Ivoire.

Corresponding Author: Djahouié Prisca Beugré

Il est le siège de fortes activités anthropiques dont des villages de plus de 5000 habitants et des complexes hôteliers qui représentent plus 50% des constructions. L'étude à court, moyen et long terme de cette section de côte basse a révélé une stabilité du trait de côte et un équilibre morpho-dynamique de l'estran [1], [2]. Cependant la montée du niveau d'eau à la côte lors des épisodes de marées de tempêtes ou de fortes houles entraine des submersions temporaires qui occasionnent des pertes considérables aux riverains. Les possibilités de protection de cette section de côtes basses sont envisageables. Toutefois, le profil moyen qui constitue un canal d'observation de la dynamique est peu abordé. Il parait nécessaire d'étudier pour un meilleur choix de système de protection de ladite côte.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Le secteur du littoral compris entre d'Abouakro et Assouindé est située sur le littoral Est de la Côte d'Ivoire. Il est compris entre les longitudes 3°27'10,09" et 3°30'40,13"Ouest et les latitudes 5°09'24,04" et 5°10'37,59" Nord. Ce cordon sableux quaternaire d'origine marine, présente une plage de sable fin et blanc. C'est une côte basse dont les pentes sont faibles et varient entre 2 et 5 %. Cette zone s'étend sur 7 km et est caractérisée par une côte réflexive [3]. Elle reçoit par moment le déferlement des vagues. Cependant, le front de mer de ce cordon connaît aujourd'hui une urbanisation croissante l'amplification des résidences secondaires dans sa partie ouest et de stations balnéaires dont les deux complexes hôteliers (le club Méditerranée et Valtur) situés à l'Est [4] (figure 1).

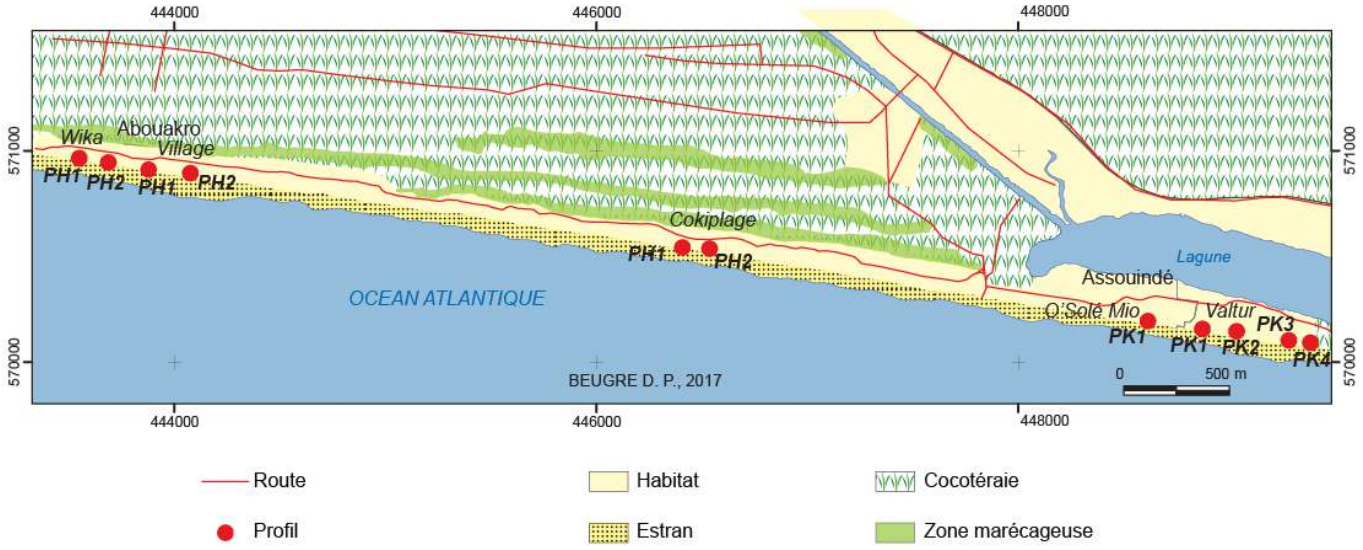


Fig. 1. Carte de la zone d'étude présentant les sites de lévés de profils

2.2 DONNÉES UTILISÉES

Pour la présente étude, les données proviennent des mesures de terrains effectués entre février 2015 et février 2017.

2.3 MÉTHODES

2.3.1 LA DÉTERMINATION DES PROFILS MOYENS

La détermination des profils moyens se fait à partir de l'enveloppe des mouvements sédimentaires. Elle est caractérisée par les périodes empiriques définies selon les hauteurs significatives de houle. Elle se fait en 3 étapes qui sont:

- La classification des profils de plage selon la période empirique
- La détermination des limites supérieures et inférieures
- La détermination des profils moyens

2.3.2 LA CLASSIFICATION DES PROFILS DE PLAGE

La classification des profils de plage se fait en fonction de la répartition des climats de houle [1]. Ces périodes sont déterminées à partir des hauteurs significatives des houles.

Dans le Golfe de Guinée, notamment sur le littoral ivoirien, la variabilité mensuelle des hauteurs significatives moyennes des houles détermine trois (3) saisons dynamiques marines. Parmi ces trois saisons, deux périodes sont caractéristiques des houles faibles à modérées (janvier à février et novembre à décembre) dans lesquelles la hauteur significative de houles se situe entre 1 et 1,3 m.

Les mois de janvier et février sont les moins agités, on y enregistre les plus faibles hauteurs qui sont comprises entre 1 et 1,1 m. La troisième période est celle de fortes agitations de mai à octobre. Pendant cette période, la hauteur significative des houles varie de 1,3 à 1,7 m. Les mois de juin et août sont les plus énergétiques [1].

2.3.3 LA DÉTERMINATION DES LIMITES SUPÉRIEURES ET INFÉRIEURES

Cette étape se fait à l'aide de l'enveloppe des mouvements sédimentaires.

L'enveloppe des mouvements sédimentaires est l'ensemble de tous les profils de plage superposés durant une période d'observation. Cette période inclue celle des hauteurs significatives de houles citées plus haut.

2.3.4 LA DÉTERMINATION DU PROFIL MOYEN

L'obtention du profil moyen ne se fait que si les limites supérieures de l'enveloppe des mouvements sédimentaires sont définies. Pour se faire l'on trace une droite perpendiculaire à l'axe des abscisses et parallèles à l'axe des ordonnées passant par chaque rupture de pente. Ainsi obtient-on une succession de segments dont la jonction des points médians constitue le profil moyen.

3 RÉSULTATS

3.1 ANALYSE DES ENVELOPPES DES PROFILS DE PLAGE À LA STATION WIKA

L'analyse des enveloppes et profils moyens en fonction des périodes entre les dates de suivi révèlent que, les mouvements sédimentaires sont dominés par rechargement de la plage de décembre en avril (figure 2). Le profil moyen des mouvements sédimentaires présente une forme rectiligne avec une pente faible de 4,24% à 3,88% respectivement en décembre et de février. Le bilan des sédiments mobilisés sur la station Abouakro-Wika est positif. Il est estimé à 1576,09 m^3 en décembre et à 1131,57m^3 en février.

Sur la période de juillet à septembre, les mouvements sédimentaires sont dominés par l'érosion. Le profil moyen des mouvements sédimentaires présente une forme convexe rectiligne avec une pente moyenne de 5,46% en juillet et de 6,11% d'août à septembre. Le bilan des sédiments mobilisés dans les mois de juillet et d'août à septembre, sur la station Abouakro-Wika est négatif et correspond respectivement à des volumes de - 2311,42 m^3 et de -1402,26 m^3.

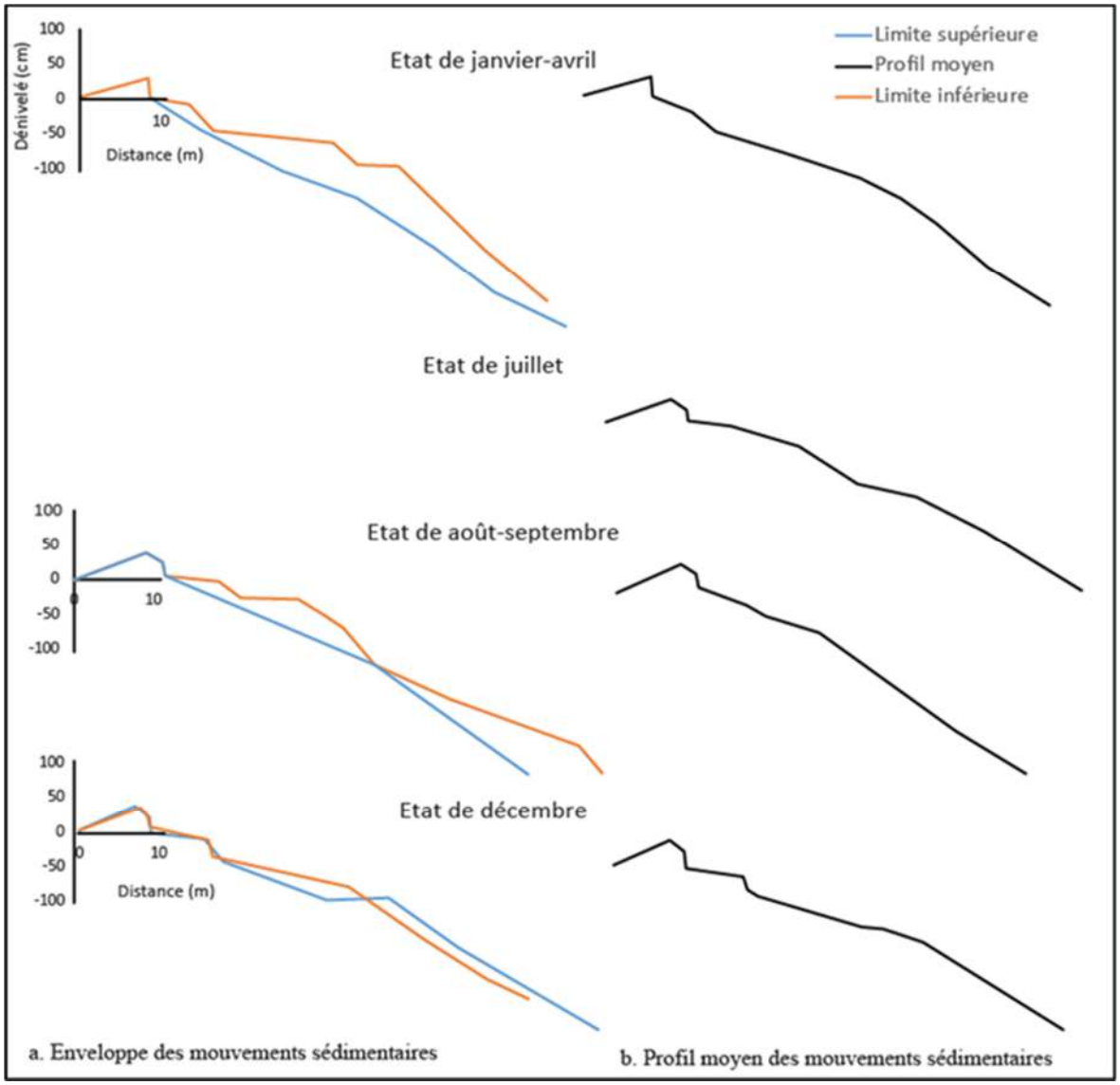


Fig. 2. Enveloppe des variations et profil moyen des mouvements sédimentaires de la station Abouakro-Wika entre le 21 août 2015 et le 25 février 2017

3.2 ANALYSE DES ENVELOPPES DES PROFILS DE PLAGE À LA STATION ABOUAKRO VILLAGE

L'observation des enveloppes et profils moyens en fonction des périodes de suivi montrent de décembre à février des mouvements sont dominés par l'engraissement de la plage (figure 3).

Le profil moyen des mouvements sédimentaires présente une forme convexe avec une pente faible de 4,41% et de 3,43%. Le bilan des sédiments mobilisés, dans les mois de février et de décembre sur la station Abouakro Village est positif. Il est de 2066,12 m^3 en décembre et de 1087,53 m^3 en février.

De juillet à septembre, l'érosion est dominante. Les états de juillet des profils moyens présentent une forme rectiligne concave en juillet à rectiligne en septembre avec des pentes moyenne de 6,59% à 5,37%. Le bilan des sédiments mobilisés sur la station Abouakro-Wika est négatif avec un volume qui varie de - 1444,11 m^3 à -633,46 m^3.

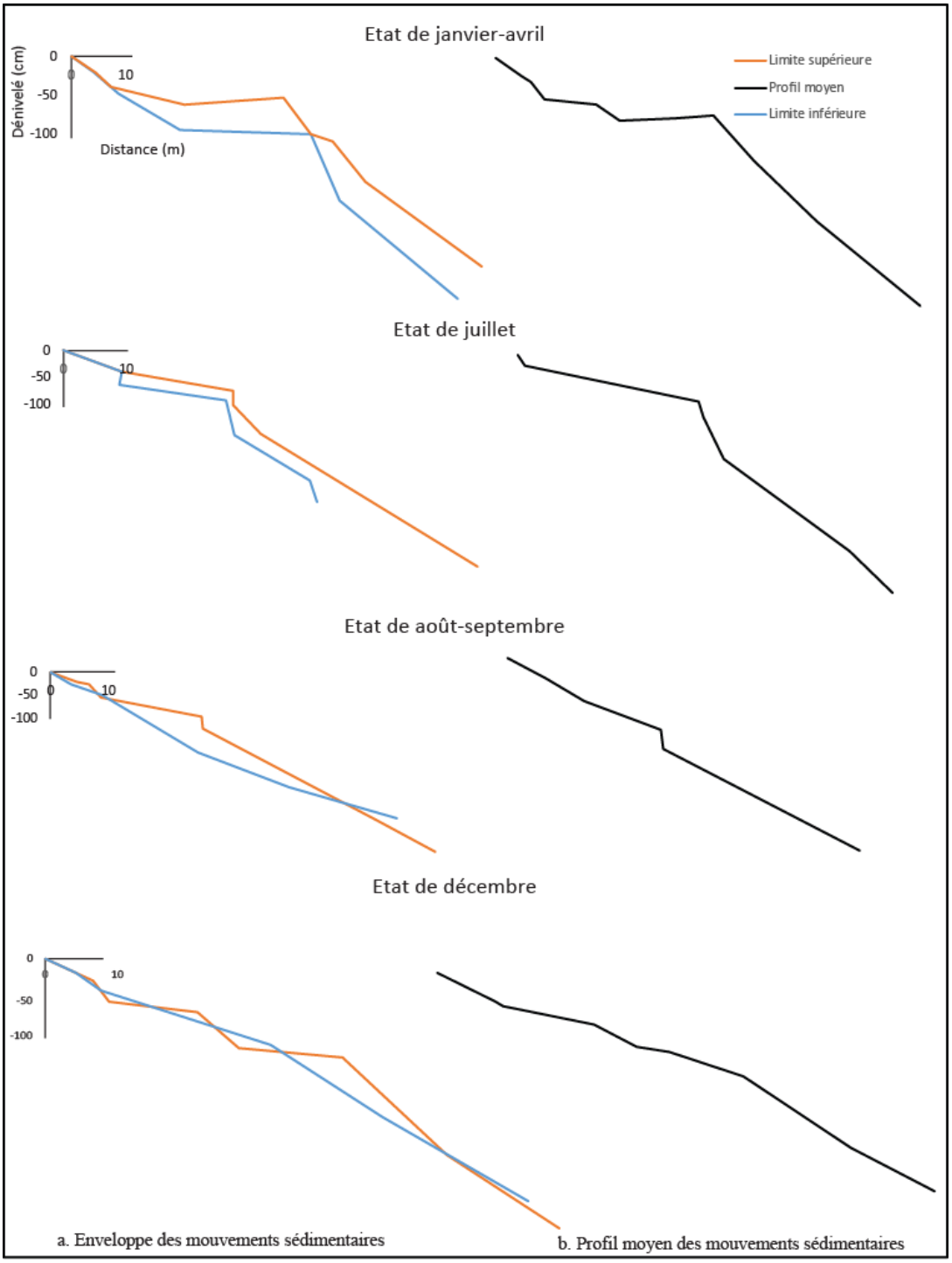


Fig. 3. Enveloppes et profil moyen des mouvements sédimentaires de la station Abouakro village entre le 21 juillet 2015 et le 25 février 2017

3.3 ANALYSE DES ENVELOPPES DES PROFILS DE PLAGE À LA STATION ABOUKRO-COKIPLAGE

L'observation des enveloppes et profils moyens en fonction des périodes entre les dates de suivi est caractérisée par des mouvements sont dominés par le comblement de la plage en sédiments (figure 4). Les profils moyens présentent des formes convexes et convexo-concave pour une pente faible de 3%. Au cours de cette période, la moyenne des sédiments mobilisés est estimée respectivement à 1373,78 m^3 et à 1233,13 m^3 en décembre et février.

De juillet à septembre, les mouvements sont dominés par l'érosion de la plage caractérisée par des profils moyens avec des formes convexe à convexo-concave, et une pente faible d'une valeur de 4,5% à 5%. Le bilan des sédiments mobilisés est négatif estimé respectivement à -1953,50 m^3 et à -1038,68 m^3 en juillet et septembre.

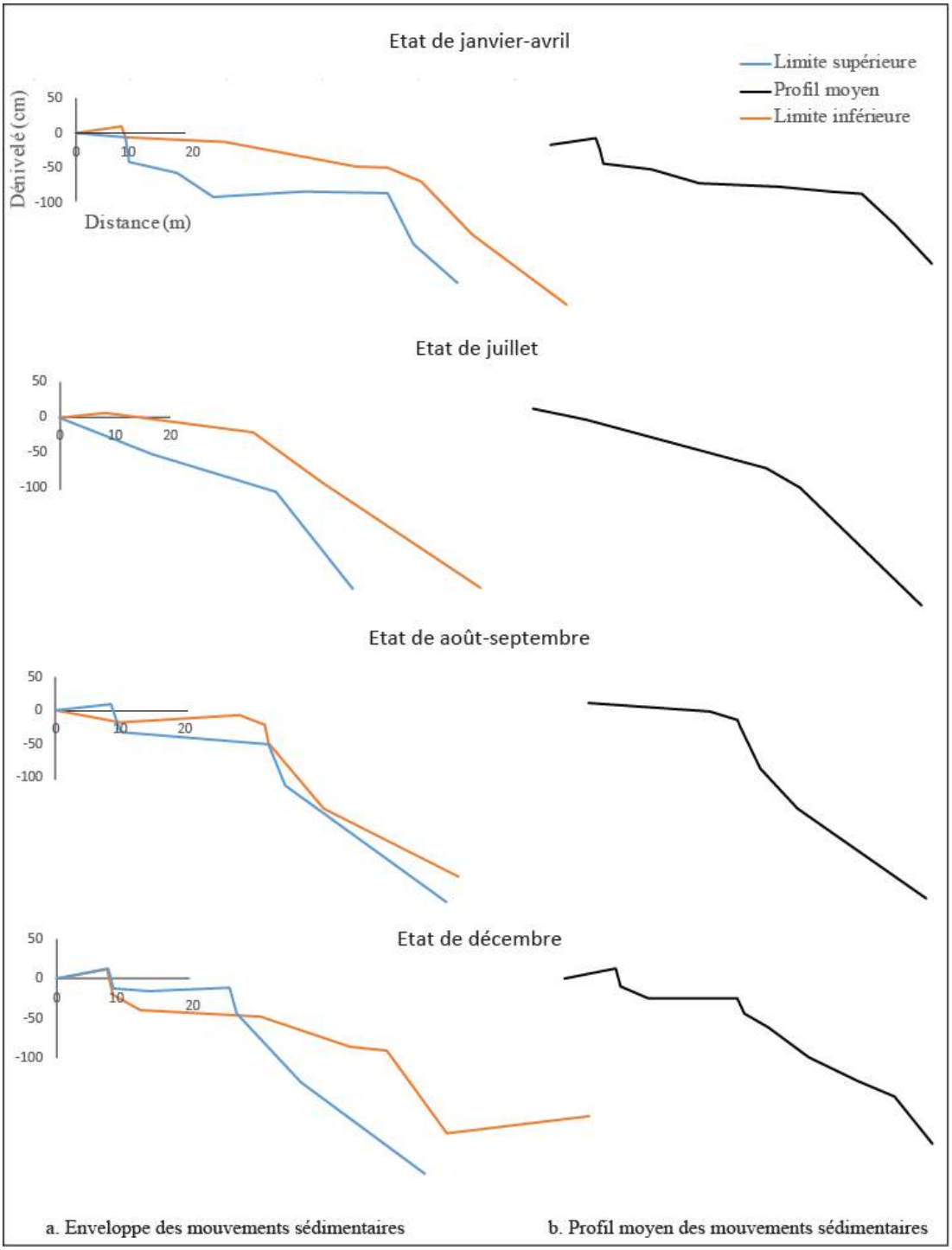


Fig. 4. Enveloppes et profil moyen des mouvements sédimentaires de la station Abouakro-Cokiplage entre le 21 avril 2015 et le 25 février 2017

3.4 Analyse Des Enveloppes Des Profils De Plage À La Station O'solé Moi

L'observation des enveloppes et profils moyens en fonction des périodes entre les dates de suivi de décembre en avril indiquent des mouvements sédimentaires dominés par l'engraissement (figure 5). Les états de décembre et de février-avril du

profil moyen en période de faible agitation des houles, présentent des formes convexe en décembre et convexo-concave de février à avril pour une pente relativement faible de 3,54%. Au cours de ces périodes, la moyenne des sédiments mobilisés est estimée à 1154,73 m^3 en décembre et à 1708,24 m^3 sur la période de février-avril.

De juillet à août, les mouvements sont dominés par le démaigrissement. Les états de juillet montrent un profil moyen de forme convexo-concave. La pente est moyenne avec une valeur de 5,08%. Le bilan des sédiments mobilisés est négatif et estimé à -1284,01 m^3.

Les états d'août-septembre présentent un profil moyen avec une forme rectiligne. La pente du profil est moyenne soit 5,65%. Le bilan des sédiments mobilisés est négatif avec -2088,12 m^3.

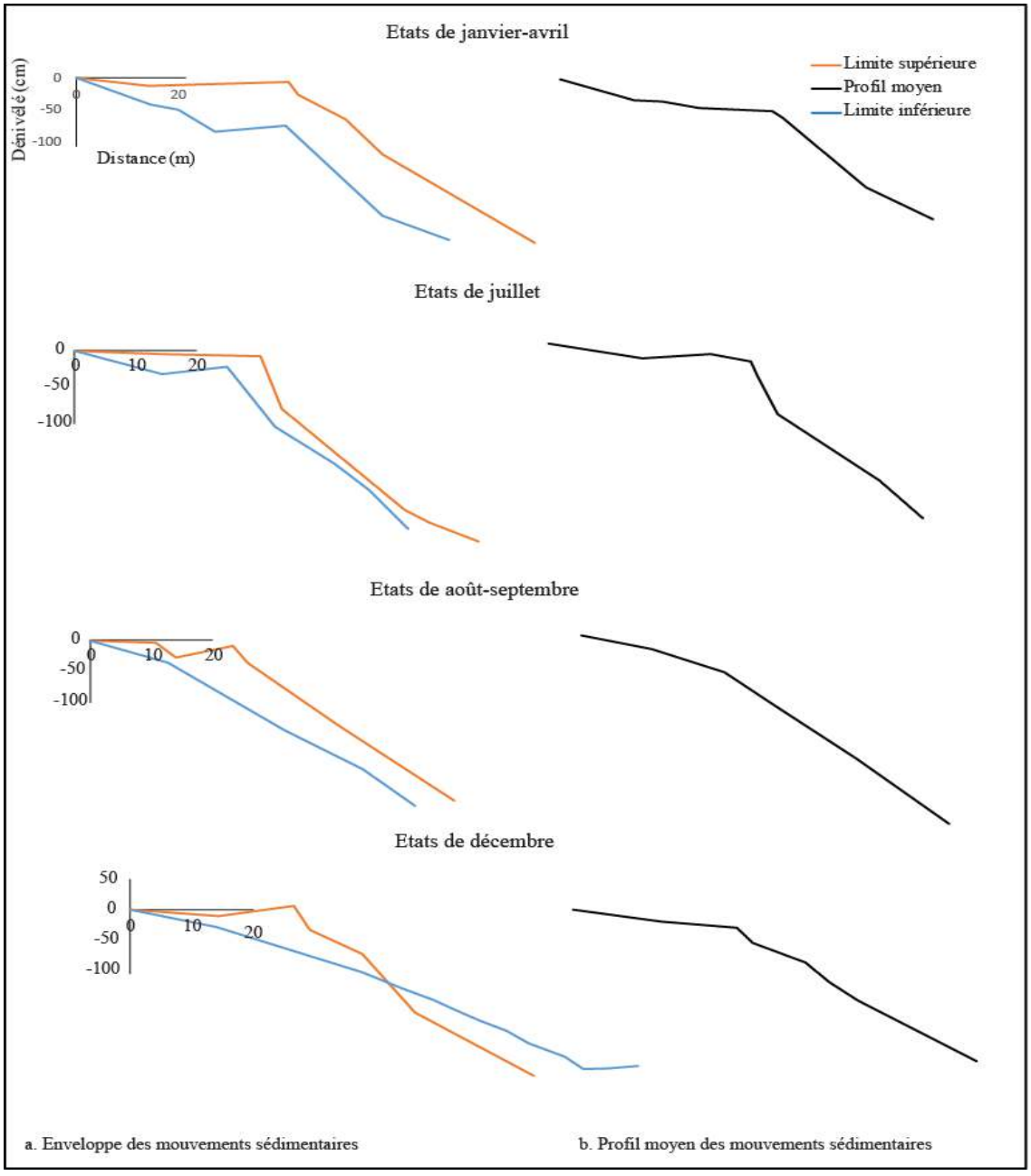


Fig. 5. Enveloppe des variations et profil moyen des mouvements sédimentaires de la station Assouindé-O'solé mio entre le 18 février 2015 et le 25 février 2017

3.5 ANALYSE DES ENVELOPPES DES PROFILS DE PLAGE À LA STATION ASSOUINDÉ-VALTUR

L'observation des enveloppes et profils moyens en fonction des périodes entre les dates de suivi de février à avril montrent que les mouvements sédimentaires sont dominés par l'engraissement de la plage (figure 6). Alors de juillet à août, ils sont dominés par le démaigrissement. Les états de décembre et février-avril présentent un profil moyen de forme convexe pour des pentes faibles de 4,48% en décembre et 3,38% de février à avril. Au cours de cette période, la moyenne des sédiments mobilisés est estimée à 138,45 m^3 en décembre t à 1481,56 m^3 de février en avril. Par contre, les états de juillet et d'août-septembre présentent un profil moyen avec une forme convexe rectiligne à convexo-concave, et des pentes faible à moyenne estimées à 4,31% en juillet et à 5,53% d'août à septembre. Le bilan des sédiments mobilisés est négatif et estimé à -1321,16 m^3 en juillet et à -1728,84 m^3 d'août à septembre.

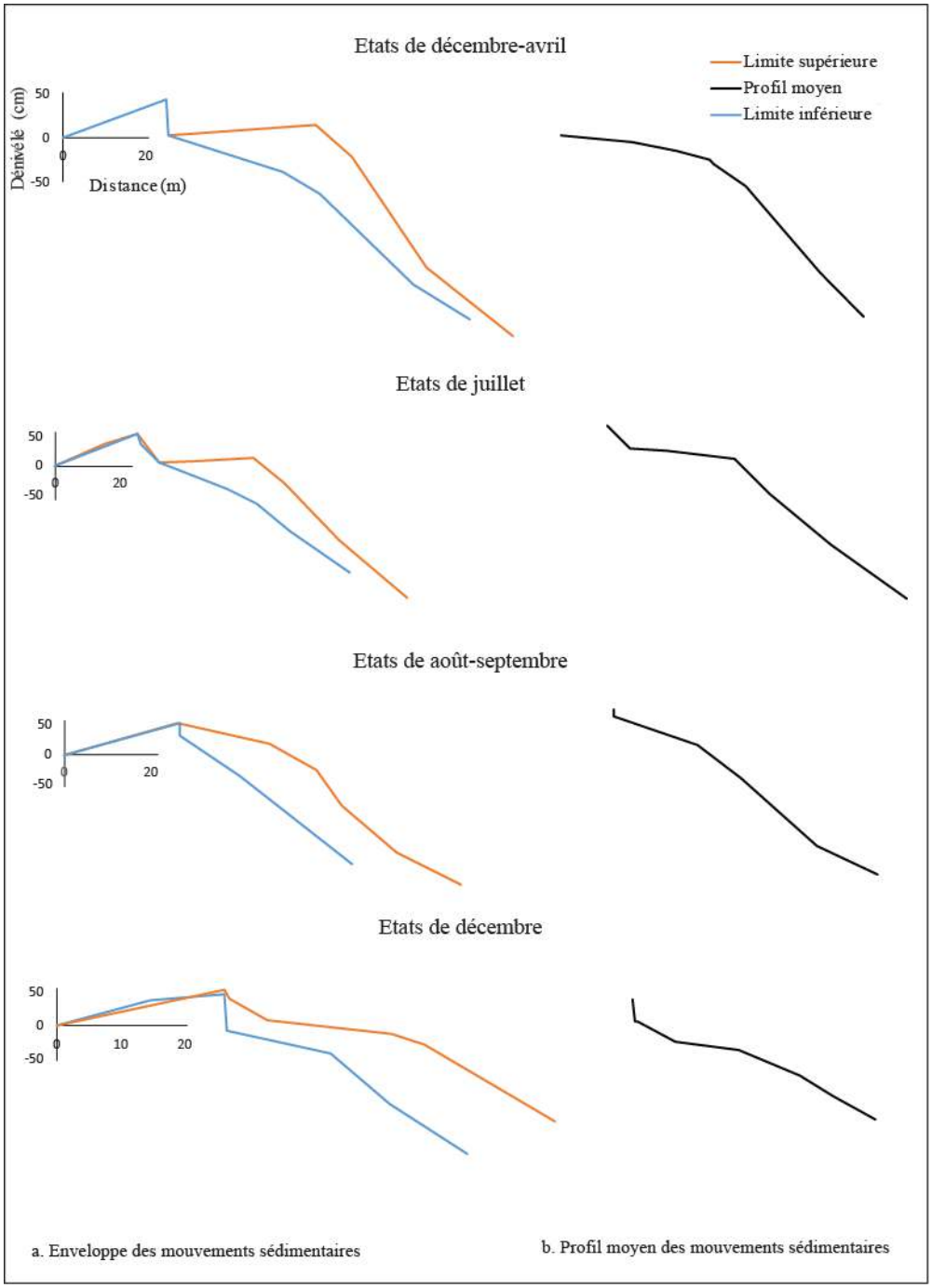


Fig. 6. Enveloppe des variations et profil moyen des mouvements sédimentaires de la station Assouindé-Valtur entre le 18 février 2015 et le 25 février 2017

4 DISCUSSION

L'analyse de la dynamique spatio-temporaire du littoral entre Abouakro et Assouindé sur la période du 22 juillet 2015 au 25 février 2017 montrent une variation de la morphologie et de la dynamique de la plage. La morphologie est dominée par une forme rectiligne sur la station Aboukro-Village, alors qu'elle alterne entre forme concave et forme convexe sur l'ensemble des plages d'Aboukro-Cokiplage à Assouindé-Valtur. Les pentes faibles sont observées en période de faible agitation marine (décembre-février) et les pentes moyennes en période de forte agitation (juillet-septembre). Ces pentes varient en moyenne entre 2% et 7%. La tendance évolutive indique la stabilité du trait de côte sur la période d'observation. Malgré cette stabilité, l'estran enregistre une dynamique alternative entre érosion et engraissement en fonction des climats de houle. Cependant, lors des submersions survenues entre le 5 et le 9 septembre 2016, le trait a reculé de 3,5 m. Ce constat est confirmé par les travaux de [5] qui attestent que les importants taux de recule du trait de côte sont dus aux évènements de houles fortes ou de houles exceptionnelles. En décembre 2016, il y a eu une accrétion et la plage a regagné son état initial. En effet, les segments du littoral étudiés présentent des caractéristiques hydrodynamiques différentes. Sur la même période d'observation, les différents profils ont un fonctionnement identique sur les segments de côte étudiés. La tendance oscille entre engraissement et érosion. Ces résultats sont conforment à ceux de [2], [6] qui ont montré que "érosion et accrétion" s'équilibrent en dehors des évènements exceptionnels, ce qui donne un caractère relativement stable à cette zone.

5 CONCLUSION

L'analyse spatio-temporaire du littoral ivoirien entre Aboukro et Assouindé sur la période 2015-2017 indique une stabilité du trait sur les segments de côte étudiés. Par ailleurs, l'analyse des profils de plage sur la même période montre que l'estran enregistre une dynamique sédimentaire qui alterne entre engraissent et érosion des plages pendant la saison de faibles houles de décembre à février et la saison de fortes houles de juillet à septembre.

REFERENCES

[1] K.P. Koffi. Évolution morpho-sédimentaire du littoral ivoirien: remaniement à l'échelle mutli-temporelle. Thèse de Doctorat d'État, Université Félix Houphouët Boigny, 356p, 2017.

[2] K.E. Konan. Etude morpho-dynamique et sensibilité aux événements «exceptionnels» du cordon littoral sableux ivoirien à l'Est d'Abidjan (Abidjan-Aforenou). Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët Boigny d'Abidjan, 206 p, 2012.

[3] A.C. Hauhouot. Morphologie et dynamique du trait de côte en Côte d'Ivoire *in* Géographie littoral de Côte d'Ivoire: Eléments de réflexion pour une politique de gestion intégrée. pp. 37-50, 2008.

[4] D.P. Beugré. Etude de la dynamique morphosédimentaire du littoral entre Abouakro et Assouindé (Assinie, Côte d'Ivoire). Thèse unique de Doctorat, Université Félix Houphouët Boigny, 282p, 2019.

[5] M. Gbêgbé. Evolution du climat de houle et son implication sur les équilibres sédimentaires côtiers dans le Golfe de Guinée. Thèse unique de Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, 268 p, 2020.

[6] A.M. Saimon. Apport du remaniement sédimentaire dans la caractérisation de la couche mobile à l'échelle du cycle de marée du secteur littoral d'Abidjan. Thèse de Doctorat Université Felix Houphouët Boigny 352 p, 2017.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 4 Jun. 2023, pp. 1656-1679
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Nature du désalignement du taux de change en Afrique sub-saharienne

[Nature of Exchange Rate Misalignment in Sub-Saharan Africa]

Kirsi Zongo[1], Mahamadou Diarra[2], and M. Idrissa Ouedraogo[3]

[1]Laboratoire d'Economie Appliquée, Université Norbert ZONGO, Burkina Faso

[2]Agrégé des facultés des sciences économiques, Université Norbert ZONGO, Burkina Faso

[3]Professeur Titulaire, Université Aube Nouvelle, Burkina Faso

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This article aims to analyze the nature of the misalignment of the exchange rate by comparing its amplitude according to the two exchange rate regimes. To do this, the behavioral equilibrium exchange rate model (BEER) is used and with the help of the PMG estimator of the ARDL model on a panel of 36 countries in Sub-Saharan Africa (SSA) and on the period 1998-2018. The analyzes show that the real effective exchange rates (REER) of SSA countries that have adopted a fixed exchange rate regime are globally misaligned and that there are significant disparities between countries. These results clearly show that the management of the exchange rate seems not to be mastered or that it is not in favor of an export promotion policy. As for the countries that have adopted the flexible exchange rate regime, they tend to have a less misaligned REER. However, some countries such as the Comoros Islands, Guinea, Gambia and Kenya have experienced significant deviations of their REER from its long-term equilibrium. Such a counter-intuitive result shows that these countries seem in fact to practice an exchange rate regime contrary to those officially declared and/or that they are unable to use their automatic stabilizer weapon. As a result, it is imperative for SSA countries to adopt good exchange rate management by opting for consecutive undervaluations in order to promote the growth of the export sector and industrial development.

KEYWORDS: misalignment, exchange rate, exchange rate regime, sub-Saharan Africa.

JEL CODES: E43, E47, O55.

RESUME: Ce présent article a pour objectif d'analyser la nature du désalignement du taux de change en comparant son amplitude suivant les deux régimes de change. Pour ce faire, le modèle de taux de change d'équilibre comportemental (BEER) est utilisé et à l'aide de l'estimateur PMG du modèle ARDL sur un panel de 36 pays d'Afrique Sub-saharienne (ASS) et sur la période 1998-2018. Il ressort des analyses que les taux de change effectif réel (TCER) des pays d'ASS ayant adopté un régime de change fixe sont dans leur globalité désalignés et qu'il existe des disparités importantes entre les pays. Ces résultats montrent clairement que la gestion du taux de change semble n'est pas être maitrisée ou qu'elle n'est pas en faveur d'une politique de promotion des exportations. Quant aux pays qui ont adopté le régime de change flexible, ils ont tendance à avoir un TCER moins désalignés. Cependant, certains pays comme les Iles des Comores, la Guinée, la Gambie et le Kenya ont connu des écarts importants de leur TCER par rapport à son équilibre de long terme. Un tel résultat contre-intuitif montre que ces pays semblent pratiquer dans les faits un régime de change contraire à ceux déclarés officiellement et/ou qu'ils n'arrivent pas à faire valoir leur arme de stabilisateur automatique. De ce fait, il est impératif pour les pays d'ASS d'adopter une bonne gestion de taux de change en optant pour des sous-évaluations consécutives afin de favoriser l'essor du secteur des exportations et le développement industriel.

MOTS-CLEFS: désalignement, taux de change, régime change, Afrique sub-saharienne.

CODES JEL: E43, E47, O55.

Corresponding Author: M. Idrissa Ouedraogo

1 INTRODUCTION

La question de la gestion du taux de change en tant qu'instrument décisif en économie internationale est une préoccupation majeure pour les économies contemporaines en général et pour celles en développement en particulier. En effet, malgré l'effondrement du système de Breton Woods en 1973 qui a occasionné l'adoption du système de change flottant dans la plupart des économies, le nombre de pays à régime de change flottant est en baisse depuis 2015 selon le Rapport du FMI (2020). L'une des raisons qui a conduit à l'abandon de ce régime de change est la recherche de stabilité défendue par bon nombre d'économistes notamment les monétaristes tels que Friedman (1953) et Aizenman & Frenkel (1985). Cette recherche de stabilité qui consiste à minimiser les pertes liées à la participation aux échanges commerciaux est basée sur le fait que les économies contemporaines sont permanemment exposées à des chocs dont les conséquences sont parfois dévastatrices.

Cependant, au-delà de la recherche de la stabilité des prix ou d'atténuation des chocs, les autorités monétaires peuvent envisager d'adopter une politique de change qui soit à mesure d'impulser le développement de sa nation. Cette option dont l'objectif est la recherche « le bien-être » est défendue par les néokeynésiens comme Lapan & Enders (1980), Helpman (1981) et Obstfeld & Rogoff (1998). Selon ces auteurs, les niveaux de bien-être dépendent uniquement des niveaux de consommation.

Au demeurant, si cette instabilité du taux de change est maitrisable dans les pays développés, elle ne l'est pas pour le cas des économies en développement, ce qui soulève la problématique de la gestion celui-ci dans ce dernier groupe de pays. En effet, sur le plan théorique, l'adoption du régime de change flexible par un pays en développement se matérialise par l'exposition de son marché de change à des fréquents mouvements spéculatifs qui sont parfois dévastateurs pour la balance de paiements. De ce fait, le taux de change du pays peut suivre une trajectoire dictée par les prix relatifs entre le pays et ses partenaires commerciaux et non par le comportement de ses variables fondamentales. Ce décalage de la trajectoire du taux de change par rapport à son équilibre de long terme est appelé désalignement du taux de change. La centralité de cette préoccupation vient du fait que ces désalignements prennent d'ampleur au fur et à mesure que les facteurs spéculatifs et transitoires ne sont pas résorbés (Dubas 2009).

Un autre argument évoqué dans la littérature est que l'instabilité du taux de change engendre des incertitudes sur le marché des changes, ce qui affecte les décisions des investisseurs étrangers qui sont averses au risque (Black 1977). Pour le cas des pays adoptant un régime de change fixe, le taux de change pourrait connaitre des désalignements dès lors que le niveau de l'inflation du pays s'écarte du niveau d'inflation du pays d'ancrage monétaire. Le décalage du niveau d'inflation entre les deux pays engendre une appréciation ou une dépréciation de la monnaie nationale qui est elle-même source de désalignement du taux de change.

Ces études théoriques qui ont montré l'importance de la détermination du taux de change réel d'équilibre (voir Balassa 1964) ont conduit certains chercheurs à établir des méthodes basées sur des équations de forme réduite de taux de change. Ces modèles établissent les liens entre sphère monétaire et financière et sphère réelle. Ces diffentes méthodes ont permis aux chercheurs d'indentifier des variables fondamentales pour la determination du taux de change d'équilibre et de ses désalignements dont nous y reviendrons dans la revue de littérature.

Sur le plan empirique, les études menées dans les pays en développement sur la détermination du taux de change d'équilibre et ses désalignements laissent entrevoir un champ de recherche pertinent. En effet, le problème de la disponibilité des données statistiques dans les pays en développement conjugué avec la diversité de méthodes de détermination du désalignement du taux de change entraine des résultants qui diffèrent d'une étude à une l'autre. La détermination du taux de change d'équilibre n'est pas une tâche aisée et l'indisponibilité de certaines données statistiques dans pays en développement notamment en Afrique la rend encore plus difficile. Cette indisponibilité des données ne permet pas l'usage de certaines méthodes pertinentes dont nous y reviendrons dans la section suivante.

Par ailleurs, l'existence d'une multitude des méthodes peut justifier les résultats divergents. Ces différents modèles peuvent être regroupés en trois approches à savoir l'approche macroéconomique, l'approche dynamique et l'approche économétrique. Les principaux modèles de l'approche macroéconomiques sont le *Fondamental Equilibrium Exchange Rate (FEER)* développé par Williamson (1985) et le modèle *Desired Equilibrium Exchange Rate (DEER)* développé par Artis & Taylor (1993). Le modèle utilisé pour l'approche dynamique est le *NATural Real EXchange rate (NATREX)* développé par Stein (1995). Quant à l'approche économétrique, on distingue le modèle *Behavioural Equilibrium Exchange rate (BEER)* développé par Clark & MacDonald (1999) et le *Permanent equilibrium exchange rate (PEER)* développé par Clark & MacDonald (2004).

En outre, un vide empirique semble exister pour le cas spécifique des études en ASS. A notre connaissance, la plupart des études empiriques en ASS se sont focalisées sur l'analyse de la nécessité de dévaluer la monnaie nationale ou d'une union monétaire (zone francs) et de l'incidences de ces effets sur l'activité économique sans chercher à comparer les pays suivant le type de régime de change. A titre illustratif, Devarajan (1997) analyse le désalignement du taux de change de 12 pays de la zone du franc CFA avant et après la dévaluation du franc CFA en 1994. Les résultats montrent qu'avant la dévaluation, le taux de change réel était surévalué d'environ 30% en moyenne, avec de fortes différences entre les 12 pays et sous-évalué dans une majorité de pays après un an de la dévaluation. Par contre, Baffes et al. (1997) trouvent des résultats contraires pour le cas des pays comme le Burkina Faso de la Côte d'Ivoire. De même,

Nubukpo (2017), dans ses analyses, montre qu'il existe d'importants écarts du taux de change effectif réel par rapport à son équilibre de long terme dans les pays de l'UEMOA sur la période 1985-2014. Il trouve que le taux de change effectif réel a été surévaluée de façon continue entre 2002-2004 et sous-évalué entre 2011-2014 dans les pays de l'UEMOA. Ces résultats divergents soulèvent la nécessité d'une nouvelle analyse en tenant compte d'une certaine spécificité.

Or, une littérature émerge pour montrer que les pays en développement peuvent choisir de mener une politique de change qui vise à atteindre la compétitivité économique vis-à-vis de leurs concurrents et cela en jouant le régime de change. En effet, l'essor économique asiatique qualifié de « miracle asiatique » a été la résultante d'une stratégie de croissance tirée par les exportations, soutenue par une manipulation délibérée des taux de change (Rodrik, 2008; Razmi et al. 2012). Selon Owoundi (2015), la Chine a parvenu à maitriser l'appréciation de sa monnaie en encrant le yuan au dollar américain et a maintenu artificiellement le taux de change à un niveau sous-évalué, grâce à l'accumulation de réserves de change. Une telle stratégie soulève l'importance de la prise en compte des régimes de change dans l'analyse de la nature du désalignement du taux de change en ASS au regard de la diversité de régimes que ces pays ont adoptés.

A contrario, une mauvaise gestion du taux de change peut entrainer des conséquences nuisibles sur l'économie: effets sur les décisions d'investissement, sur les choix des ménages et des entreprises; déséquilibre de la balance des paiements, ainsi que ses effets néfastes sur la productivité, la croissance et la performance des entreprises en général (Diallo 2015).

De nos jours, la question de compétitivité des économies d'ASS est au centre des débats au regard de sa vulnérabilité face aux chocs économiques externes. En effet pendant que la pandémie de COVID-19 a entrainé le ralentissement de l'activité économique des pays de ladite zone, la relance poste COVID-19 est confrontée à une situation d'une montée fulgurante de l'inflation. En effet, l'inflation des économies de l'ASS qui était à son niveau le plus depuis plusieurs décennies pendant la crise sanitaire, connait une flambée induite par le conflit russo-ukrainien. Selon le FMI (2022) [1] le niveau moyen de l'inflation de l'ASS a connu une hausse de 8,7% en fin 2022 par rapport 2021 avec de grandes disparités en fonction du type de régime de change. L'inflation moyenne est estimée à 6 % pour les pays à taux de change fixe alors qu'elle atteint 12,6 % pour les pays au régime de change plus flexible.

Or, la variation de l'inflation entraine sans doute des répercussions sur la compétitivité des entreprises et sur la trajectoire du taux de change par rapport à son niveau d'équilibre de long terme, ce qui pose la problématique de sa gestion appropriée. De plus, l'écart important du niveau d'inflation entre les deux groupes de régime de change soulève la nécessité d'une analyse qui prend compte cette spécificité. De ce fait, une analyse de la nature du désalignement du taux de change qui tient compte du type de régime de change est nécessaire afin d'éclairer les pouvoirs publics dans leur conduite de politiques économiques. C'est pourquoi il est légitime de s'interroger: quelle est la nature du désalignement du taux de change en ASS ?

L'objectif de cet article est d'analyser empiriquement la nature du désalignement du taux de change en ASS en comparant l'amplitude de ces désalignements des pays à régime de fixe par rapport à ceux de change flexible. Nous partons de l'hypothèse que les taux de change ont des écarts positifs (surévaluations) et des écarts négatifs (sous-évaluation) dans les pays d'ASS et que ces écarts sont plus importants dans les pays à régime de change fixe que ceux de change flexible.

La contribution de cet article à la littérature est la prise en compte du type du régime de change dans l'analyse de la nature du désalignement du taux de change afin de comparer l'amplitude celui entre les pays à régime de change fixe par rapport à ceux de change flexible. Jusqu'à présent et à notre connaissance, il n'existe pas une étude antérieure qui analyse le désalignement du taux de change en s'intéressant à comparer le comportement celui-ci en fonction du régime du change. Cette comparaison permettra de comprendre quel groupe de pays arrive à maitriser les distorsions du taux de change.

Pour ce faire, il est impératif de déterminer d'abord les variables fondamentales qui sont à l'origine de la variation du taux de change effectif réel des pays d'ASS. Ensuite, nous déterminerons le taux de change d'équilibre à travers la méthode comportementale du taux de change appelée l'approche *Behavioral Equilibrium Exchange Rate (BEER).* En fin, nous nous focaliserons sur le calcul du degré d'alignement ou de désalignement[2] du taux de change par rapport à son équilibre de long terme.

L'approche *BEER* consiste à exprimer une équation réduite qui décrit le comportement du taux de change en fonction de ses déterminants appelés fondamentaux. La spécificité de cette méthode est que le taux de change réel est déterminé par le différentiel de taux d'intérêt réel augmenté d'une composante systématique obtenu sur le moyen et le long terme dont une compréhension des

[1] Rapport sur les Perspectives économiques régionales pour l'Afrique subsaharienne d'Octobre 2022

[2] Le désalignement comporte deux notions. Lorsque le taux de change réel observé est supérieur au taux de change d'équilibre de long terme, on parle de surévaluation du taux de change réel tandis que lorsqu'il est inférieur au taux de change réel d'équilibre, on parle de sous-évaluation de celui-ci.

facteurs fondamentaux du taux de change est primordiale. Son avantage est qu'elle s'appuie sur les autres approches de détermination du taux de change d'équilibre à travers un cadre théorique moins complexe permettant une analyse empirique plus aisée.

La suite de cet article est organisée comme suit: le point (1) passe en revue la littérature théorique sur les différentes approches utilisées pour déterminer le taux de change d'équilibre ainsi que ses alignements/désalignements avant de présenter la synthèse des études empiriques ayant utilisé des variables fondamentales pour la détermination du taux de change d'équilibre. Ensuite, le point (2) illustre la méthodologie d'analyse de la détermination du taux de change réel d'équilibre et ses désalignements. Enfin, le point (3) présente et discute les résultats d'analyse économétrique.

2 REVUE DE LITTÉRATURE SUR LA DÉTERMINATION DU TAUX DE CHANGE D'ÉQUILIBRE ET DE SES DÉSALIGNEMENTS

Ce point passe en revue les fondements théoriques de la détermination du taux de change d'équilibre, les différentes méthodes de détermination du taux de change d'équilibre ainsi que ses désalignements et les travaux ayant vérifié empiriquement ces méthodes à travers des estimations économétriques.

2.1 LES FONDEMENTS THÉORIQUES DE LA DÉTERMINATION DU TCR D'ÉQUILIBRE

Il existe dans la littérature principalement deux vagues d'études ayant porté sur la détermination du TCR d'équilibre tant bien dans les pays développés que dans ceux en développement avec des méthodologies différentes. La première vague de littérature s'est intéressé aux déterminants du taux change nominal à savoir la parité de pouvoir d'achat et celle de la théorie de parité des taux d'intérêt non couverts. Ces théories sont des théories traditionnelles du taux de change dans un contexte de régime de changes fixes ajustables du système international des changes. En effet, développée par Cassel (1916), la théorie de la parité de pouvoir d'achat montre que le taux change d'équilibre doit être égale à l'unité ou constant (la loi des prix uniques). Autrement, le prix domestique doit être égal au prix étranger dès lors que ces prix sont exprimés dans la même unité monétaire. Cette théorie a également eu des limites notamment la critique de Balassa (1964), qui montre que l'existence des biens non échangeables remet en cause la parité de pouvoir d'achat en présence d'importants écarts de niveau de vie.

Quant à la théorie de parité des taux d'intérêt non couverts, elle a eu pour précurseur comme Keynes (1923), et l'idée principale est que l'équilibre de taux de change s'obtient lorsqu'un placement offre le même taux de rendement quelle que soit la devise en laquelle il est réalisé. Cependant, cette théorie a eu des limites notamment la non prise en compte des possibilités de variation du niveau d'équilibre du taux change dans le modèle.

La seconde vague d'études théoriques a cherché à analyser le comportement du taux de change avec des méthodes d'équilibre macroéconomique, purement normatives dans un contexte d'abandon du système de Bretton Woods dans les années 1971. Cependant, contrairement au taux de change nominal, le taux de change réel n'est pas observable et la détermination de son équilibre reste un défi majeur pour les économistes. Selon Joly et al. (1996), le taux de change réel d'équilibre est perçu dans l'approche macroéconomique comme étant la valeur du taux de change compatible avec la réalisation simultanée de l'équilibre interne et de l'équilibre externe à moyen terme. Dans l'approche macroéconomique, l'équilibre interne s'obtient avec la réalisation du niveau potentiel ou soutenable de production et l'équilibre externe par l'égalisation du compte courant à la soutenabilité des paiements extérieurs.

2.2 LES MÉTHODES DE DÉTERMINATION DU TCR D'ÉQUILIBRE

Les études qui ont montré l'importance de la détermination du taux de change réel d'équilibre ont conduit les économistes à chercher des méthodes basées sur l'estimation d'équation de forme réduite de taux de change. Ces différents modèles peuvent être regroupés en trois approches à savoir l'approche statique qui sera présenté en (2.2.1), l'approche dynamique en (2.2.2) et l'approche économétrique en (2.2.3).

2.2.1 L'APPROCHE STATIQUE DE LA DÉTERMINATION DU TCR D'ÉQUILIBRE

Dans l'approche statique, on distingue principalement deux modèles à savoir le modèle *Fondamental Equilibrium Exchange Rate* et le modèle *Desired Equilibrium Exchange Rate*. Les sous-points suivants présentent successivement ces deux modèles

2.2.1.1 LE MODÈLE FONDAMENTAL EQUILIBRIUM EXCHANGE RATE (FEER)

Développé par Williamson (1985), le modèle FEER qui signifie le modèle du « taux de change d'équilibre fondamental ». Il analyse le taux de change réel comme un indicateur de compétitivité global pour un pays donné et non un rapport de prix de sorte que la valeur à son équilibre soit celle qui garantit simultanément l'équilibre interne et externe. L'idée de base de Williamson (1985) sur la notion

d'équilibre interne et externe est que le FEER devrait être le taux de change effectif réel qui assure simultanément l'équilibre interne et externe du pays. L'économie est en situation d'équilibre interne lorsque le plein emploi est assuré dans un environnement de faible niveau d'inflation. L'équilibre externe s'obtient lorsque la balance des paiements est en situation durable dans le moyen terme pour assurer les flux nets de ressources souhaités et la viabilité de la dette extérieure sans recours aux politiques de stabilisation.

Ainsi, l'approche FEER ignore complètement les effets cycliques et spéculatifs de court terme sur le marché de change pour s'intéresser uniquement aux facteurs fondamentaux qui devraient persister à moyen terme. Dans ce modèle, l'estimation des taux de change d'équilibre fondamental se base sur l'écart entre la production réalisée et la production potentielle (l'équilibre interne), et l'écart entre le solde courant observé et le solde courant soutenable (l'équilibre externe).

Ainsi, dans sa thèse, Mourad (2015) indique que le taux de change est qualifié de fondamental, lorsqu'il qui assure la meilleure allocation des ressources au niveau international sans impacter les équilibres internes des économies. En d'autres termes, le FEER représente selon Camara (2015) le niveau du taux de change effectif réel qui permet de garantir à moyen terme, l'équilibre interne au sens du NAIRU (*Non-Accelerating Inflation Rate of Unemployment*) et l'équilibre externe d'une économie librement ouverte à l'échange international au sens du modèle de *Mundell-Fleming-Dornbusch*.

De ce fait, le taux de change d'équilibre obtenu est un concept normatif car c'est le taux qui est compatible avec des circonstances économiques idéales d'équilibres macroéconomiques (équilibres externes et internes, comme indiqué ci-dessus).

L'avantage du modèle FEER est qu'il prend en compte les fondamentaux de l'économie notamment l'arbitrage inflation/chômage, le progrès technique, la production et la balance courante dans la détermination de l'équilibre du taux de change réel (TCR). Ainsi, le TCR d'équilibre assure à la fois l'équilibre de la balance des paiements et le niveau de l'équilibre interne souhaité par le pouvoir public ainsi que les changements structurels dans l'économie.

Cependant, l'inconvénient de ce modèle est le fait qu'il est difficilement applicable d'un point de vue empirique comme Williamson (1985) lui-même l'a reconnu. En effet, Borowski & Couharde (2000) montrent que le modèle FEER utilise une approche statique comparative de sorte qu'il faut définir le niveau de la production de plein emploi pour chaque pays et le solde courant soutenable tout en supposant que tous les pays ont les mêmes objectifs économiques. Or, il n'est pas évident que tous les pays souhaiteraient avoir continuellement un TCR à son niveau d'équilibre car certains pourront désirer des surévaluations de leur TCR pour contenir l'inflation et d'autres des sous-évaluations pour soutenir la croissance économique. De même, les pouvoirs publics n'ont pas la même sensibilité quant au niveau de chômage.

Cette situation dénote la présence d'une marge d'erreur dans le calcul du FEER, et pour preuve, Williamson (1985) lui-même propose une bande de fluctuation autour du FEER appelée « zones cibles ». Ainsi, pour faire face aux faiblesses du modèle FEER, d'autres auteurs ont proposé le modèle DEER.

2.2.1.2 LE MODÈLE DESIRED EQUILIBRIUM EXCHANGE RATE (DEER)

Pour tenir compte des limites du modèle FEER, Artis & Taylor (1993) ont proposé le calcul du taux de change d'équilibre désiré appelé DEER en analysant le taux change d'équilibre en fonction du niveau d'emploi et de la balance des paiements désiré. Pour eux, le DEER d'une économie est le taux de change effectif réel qui garantit l'équilibre interne et externe à moyen terme. Lorsque le taux de change s'écarte de son niveau d'équilibre désiré DEER, le compte courant connaitra un déséquilibre et par conséquent, les obligations au titre du service de la dette connaitront une variation par rapport à son niveau initial. De ce fait, Artis & Taylor (1993) trouvent qu'il faut nécessairement recalculer le nouveau taux de change désiré en fonction des nouvelles informations sur l'état de la balance du compte courant.

Cependant, bien que le FEER et le modèle DEER présentent beaucoup de similitudes, il existe une dissemblance remarquable. Au niveau du modèle DEER, l'équilibre externe est défini en termes de politique optimale, c'est-à-dire que la cible du compte courant doit être en conformité avec les politiques appliquées par les décideurs politiques qui les considèrent optimaux. De ce fait, le principe du modèle DEER suppose que le taux de change réel calculé n'implique pas forcément celui souhaité mais plutôt, le taux de change réel obtenu à partir de la réalisation des positions « désirées » des équilibres externe et interne (Usupbeyli 2011).

En résumé, bien qu'important pour les décideurs politiques, le taux de change d'équilibre fondamental ne doit pas être appréhendé comme un instrument de politique économique qu'il s'agirait de manipuler pour retrouver les équilibres interne et externe. Le taux de change d'équilibre fondamental permet de comprendre l'évolution du taux change à moyen terme en utilisant les déterminants de ce dernier pour expliquer les déséquilibres de la balance courante et les écarts de production. C'est donc une variable endogène.

2.2.2 L'APPROCHE DYNAMIQUE: LE MODÈLE NATURAL REAL EXCHANGE RATE

Développé par Stein (1995), le NATural Real EXchange rate (NATREX) dit « naturel » est le taux de change réel qui assure l'équilibre de la balance des paiements en l'absence des facteurs spéculatifs et cycliques. Les perturbations conjoncturelles sur l'activité économique notamment les facteurs cycliques, transitoires et spéculatifs sont de nature transitoire ayant une moyenne nulle à long terme de telle sorte que le taux de change suit sa trajectoire d'équilibre de long terne. Seule une perturbation sur le comportement des facteurs structurels de l'économie peut donc amener le taux de change d'équilibre sur une nouvelle trajectoire de moyen à long terme.

Le NATREX est donc le taux de change d'équilibre à son niveau naturel c'est-à-dire qui prend en compte les chocs exogènes, les mouvements des capitaux et la dette extérieure. En d'autres termes, la qualification « naturel » symbolise que le taux de change est déflaté des taux d'inflation, des mouvements spéculatifs et des interventions des banques centrales. Ce n'est donc pas un modèle à une équation unique mais plutôt un groupe de modèles dont chacun est conçu en fonction des caractéristiques de l'économie concernée.

Une première remarque de ce modèle est que le NATREX n'indique pas la part de la variation du taux de change réel induite par la variation du taux de change nominal et celle induite par les coûts salariaux relatifs. Le modèle montre seulement que l'écart $e\,(t)$ qui représente les facteurs spéculatifs et cycliques à court terme finira par se dissiper sans pour autant préciser si cela se produira sous l'effet de la variation du taux de change nominal ou de celle des coûts salariaux via l'effet différentiel de l'inflation sur les salaires.

En outre, l'une des spécificités de ce modèle est qu'il considère la monnaie neutre et que l'équilibre est atteint lorsque le produit national brut est à son niveau potentiel (équilibre interne) et que le compte des balances des paiements est équilibré. En d'autres termes, le NATREX illustre l'équilibre à moyen terme lorsque l'économie est à sa capacité de production potentielle et que les attentes en matière d'inflation sont satisfaites, ce qui est similaire à l'approche du FEER. De ce fait le modèle NATREX est exclusivement basé sur les déterminants de moyen et long terme du taux de change réel d'équilibre. L'une des forces de ce modèle dynamique est qu'il prend en compte les effets de stock à travers la dynamique de la position extérieure nette et du stock du capital.

Cependant, le modèle NATREX est reproché d'avoir supposé des hypothèses trop fortes qui ne sont pas réalisables dans l'économie réelle. Il s'agit notamment de l'hypothèse d'équilibre sur le marché de travail qui semble être trop optimiste dans le monde réel car il ne prend pas en compte la dynamique d'ajustement des prix et des salaires à long terme dans sa spécification. De plus, le NATREX est le taux de change réel d'équilibre obtenu par les fondamentaux réels et par les politiques économiques existantes. Il ne s'intéresse pas à l'optimalité au niveau social de ces politiques et n'a pas l'ambition d'être le taux de change réel optimal. Le NATREX nous donne le taux d'équilibre imposé par les fondamentaux économiques.

En résumé, il existe plusieurs façons de déterminer le taux de change réel d'équilibre qui peut être obtenu de manière statique à travers le modèle FEER ou le modèle DEER ou dynamique à travers le modèle NATREX. Le point commun de ces théories est que le taux de change réel d'équilibre déterminé via ses variables économiques fondamentales n'est pas constant et dépend de l'approche utilisée. Chaque approche présente des avantages et des limites.

2.2.3 L'APPROCHE PAR LES MÉTHODES ÉCONOMÉTRIQUES: LE MODÈLE BEER

Développé par Clark & MacDonald (1999), le modèle de taux de change d'équilibre comportemental appelé l'approche *Behavioural Equilibrium Exchange rate (BEER)* ne vise pas à expliquer théoriquement la détermination du taux de change réel mais à rendre compte empiriquement de son évolution en employant une technique qui étudie les mouvements du taux de change. Il s'agit donc d'une approche qui consiste à exprimer une équation réduite qui décrit le comportement du taux de change en fonction de ses déterminants appelés fondamentaux pour un pays ou sur un panel de pays. Cette approche se base sur la parité du taux d'intérêt non couverte à savoir qu'à l'équilibre, le compte courant devrait être égal à zéro selon la condition d'équilibre financier. La spécificité de cette méthode est que le taux de change réel est déterminé par le différentiel de taux d'intérêt réel augmenté d'une composante systématique obtenu sur le moyen et le long terme dont une compréhension des facteurs fondamentaux du taux de change est primordiale.

L'approche BEER a été consolidée par Clark & MacDonald (2004) où ils décomposent les variables fondamentales en utilisant les méthodes de cointégration de Johansen pour obtenir des composantes transitoires et permanentes. Ces composantes ont été utilisées pour estimer le taux de change d'équilibre permanent appelé *permanent equilibrium exchange rate: PEER*.

L'équation réduite du modèle BEER peut être écrite comme suit:

$$q_t = \beta_1 Z_{1t} + \beta_2 Z_{2t} + \pi T_t \qquad (1)$$

Avec: $q_t =$ le taux de change réel courant ou observé;

$Z_1 =$ le vecteur des variables économiques fondamentales qui sont susceptibles d'avoir des effets persistants à long terme sur le taux de change réel;

$Z_2 =$ le vecteur des variables économiques fondamentales qui sont susceptibles d'avoir des effets persistants à moyen et long terme sur le taux de change réel pouvant coïncider avec le cycle économique;

T = le vecteur des facteurs transitoires qui affectent le taux de change réel à court terme.

Ainsi, le taux de change d'équilibre BEER s'obtient en additionnant la composante de moyen terme à celle de long terme.

$$q_{t(d'équilibre)} = \beta_1 Z_{1t} + \beta_2 Z_{2t} \quad (2)$$

De ce fait, les désalignements s'obtiennent en calculant les écarts entre le taux de change d'équilibre et le taux de change observé.

La condition de départ du modèle BEER étant la parité non couverte du taux d'intérêt, on peut obtenir la relation suivante:

$$BEER = f(r_t - r_t^*; Z_{1t}; Z_{2t}) \quad (3)$$

Avec r_t=le taux d'intérêt réel national ex-ante et $r_t^* =$ le taux d'intérêt réel étranger, tous les deux calculés sur des titres publics d'échéance n. La relation (3) montre que le taux de change réel d'équilibre est fonction non seulement du différentiel de taux d'intérêt réel entre les pays et l'extérieur mais aussi des fondamentaux de taux de change réel de moyen et de long terme. Mais dans la pratique, les auteurs considèrent généralement qu'à moyen terme, il n'y a pas de différence entre les taux d'intérêt réels de sorte que le taux de change d'équilibre de moyen et de long terme soit uniquement déterminé par sa partie systémique à savoir les fondamentaux.

Dans la pratique, l'approche comportementale du taux de change consiste à identifier un certain nombre de variables explicatives du TCR de court, moyen et long terme dites fondamentales, et analyser les relations de cointégration entre ces variables et le TCR. L'équation de court terme s'obtient à l'aide d'un modèle à correction d'erreur. Ainsi, le désalignement s'obtient en calculant l'écart entre le taux de change réel et sa valeur estimée de long terme selon la relation de cointégration. Mais avant cela, il est primordial d'identifier les variables fondamentales qui serviront à la détermination du taux de change d'équilibre. L'avantage de cette méthode est qu'elle s'appuie sur les autres approches de détermination du taux de change d'équilibre à travers un cadre théorique moins complexe permettant une analyse empirique plus aisée.

2.3 SYNTHÈSE DES TRAVAUX EMPIRIQUES SUR LA DÉTERMINATION DU TAUX DE CHANGE D'ÉQUILIBRE ET SES DÉSALIGNEMENTS

Une synthèse des travaux empiriques sur la détermination du taux de change d'équilibre et ses désalignements permet d'identifier les variables fondamentales utilisées dans la littérature. En général, ces variables diffèrent d'une étude à l'autre qui se justifie par la prise en compte du niveau de développement des pays considérés. Néanmoins, il semble exister certaines variables qui sont unanimes à tous. C'est pourquoi nous passons en revue quelques travaux empiriques en faisant la distinction comme Owoundi (2015) entre les économies développées à celles en développement et le cas spécifique des études réalisées en Afrique. Cette structuration nous permet de ressortir les variables fondamentales les plus utilisées par niveau de développement afin de pouvoir choisir sur la base de cette synthèse les variables pertinentes pour notre étude.

2.3.1 LE CAS DES ÉCONOMIES DÉVELOPPÉES ET ÉMERGENTES

Pour le cas des pays développés, il existe une multitude de travaux qui ont analysé les facteurs fondamentaux du taux de change d'équilibre. De ce fait, nous ne dressons pas une liste exhaustive de ces travaux, mais nous nous contentons de quelques études majeures afin de ressortir les facteurs les plus récurrents.

D'abord, nous pouvons citer les travaux de Clark & MacDonald (1999) qui ont relevé que les principaux facteurs fondamentaux qui ont entrainé la surévaluation du dollar américain sur la période 1980-1986. Ces fondamentaux sont les termes de l'échange, la position extérieure nette et la productivité relative.

Ensuite, Clostermann & Schnatz (2000) ont analysé les déterminants fondamentaux à moyen et long terme du taux de change euro-dollar en construisant un taux de change euro-dollar synthétique sur la période de 1975 à 1998 et en appliquant des approches de cointégration. Les résultats ont identifié quatre facteurs fondamentaux qui déterminent le taux de change euro-dollar réel. Il s'agit du différentiel de taux d'intérêt réel international, les prix relatifs des biens échangeables et ceux non échangeables, le prix réel du pétrole et la situation budgétaire relative. Ils montrent par ailleurs que les modèles à correction d'erreur semblent plus adaptés que les modèles multivariés.

En plus, les résultats d'analyse de Dufrénot et al. (2008) sur cinq pays européens sur la période 1979-1999 illustrent que six principaux facteurs fondamentaux sont à l'origine des désalignements des taux de change réels dans ces pays. Il s'agit des termes de l'échange, du

différentiel de taux d'intérêt, de la position extérieure nette, du prix relatif entre biens non échangeables et biens échangeables, du déficit budgétaire rapporté au PIB, et un indicateur de mesure fiscale.

Quant à Allegret & Sallenave (2014), ils se sont contentés de deux variables fondamentales à savoir la position extérieure nette et l'écart relatif de productivité pour analyser comment les désalignements du dollar, de l'euro et du renminbi affectent leurs économies respectives et celles de leurs partenaires commerciaux à l'aide d'un modèle GVAR[3]. L'étude portent sur 15 pays avancés et émergents et utilise des données trimestrielles couvrant la période 1980-2010. Cependant, Berka et al. (2018) ont étudié le lien entre le taux de change réel et la productivité totale des facteurs sectorielle des pays de la zone euro à l'aide d'un modèle DSGE[4] pour montrer qu'il existe peu de relation entre la productivité et les taux de change réels parmi les pays à revenu élevé qui ont des taux de change nominaux flottants.

2.3.2 LE CAS DES ÉCONOMIES EN DÉVELOPPEMENT

Pour le cas relatif des économies en développent, nous regardons dans un premier temps les études de l'Amérique latine avant de nous attarder pour les études portant sur les pays africains.

Au niveau de la zone d'Amérique latine, nous pouvons citer les travaux de Mulder & Baldi (2004) qui ont analysé l'impact des régimes de change sur les taux de change réels, tels que définis par le prix relatif des biens non échangeables par rapport aux biens échangeables en Argentine, au Brésil, au Chili et au Mexique de 1990 à 2002. Les résultats montrent que le taux de change réel est déterminé à long terme par la productivité relative du travail qui mesure l'effet Balassa-Samuelson, et à moyen et à court terme par les dépenses publiques et les termes de l'échange. De même, Montiel (2007) a analysé les effets des désalignements du taux de change réel dans six pays d'Amérique latine. Il parvient au résultat que les fondamentaux du taux de change d'équilibre sont la productivité relative du travail, la position extérieure nette, les termes de l'échange, les dépenses de consommation du secteur public et la mesure de l'ouverture commerciale.

Par ailleurs, Couharde et al, (2018) ont construit une nouvelle base de données développée par le CEPII[5] sur les taux de change effectifs dont on distingue (i) les taux de change effectifs nominaux et réels, et (ii) les taux de change effectifs réels d'équilibre ainsi que leurs désalignements pour les pays avancés, émergents et en développement sur la période 1973-2016. Ils utilisent le modèle BEER pour retenir trois variables fondamentales dans la détermination du taux de change réel d'équilibre. Il s'agit des termes de l'échange, une variable proxy de l'effet Balassa Samuelson, et la position extérieure nette.

En ce qui concerne les études sur les économies africaines, nous pouvons citer les travaux de Devarajan (1997) qui utilise les mêmes fondamentaux que Montiel (2007) pour estimer la surévaluation du taux de change réel dans 12 pays de la zone franc CFA avant et après la dévaluation de 1994 du CFA franc. Quant à Iimi (2006), il utilise la productivité relative, la position extérieure nette, la prime de risque et le différentiel de taux d'intérêt réel pour analyser le comportement du taux de change réel sur la période 1985-2004 à l'aide de l'approche BEER.

De même, Owoundi (2015) a utilisé le taux de change effectif réel, la productivité relative, le taux d'ouverture économique, les termes de l'échange, les dépenses publiques, la position nette du gouvernement et une variable dummy pour acter le régime de change fixe ou flottant auquel le pays a opté. Nubukpo (2017) analyse les désalignements du taux de change dans les pays de l'UEMOA sur la période 1985-2014 en utilisant les mêmes variables fondamentales que pour Owoundi (2015). Il trouve que le taux de change effectif réel a été surévaluée de façon continue entre 2002-2004 et sous-évalué entre 2011-2014 dans les pays de l'UEMOA. Quant à Diop & Niang (2018), ils ont analysé les déséquilibres du taux de change réel au Sénégal en utilisant l'approche BEER. Leurs analysent montrent que ce sont les termes de l'échange, la productivité relative du travail du pays captant l'effet Balassa-Samuelson, le taux d'ouverture, les dépenses publiques et le taux d'investissement qui sont les fondamentaux du taux de change d'équilibre.

2.3.3 LA SYNTHÈSE DES TRAVAUX EMPIRIQUES DANS LES DEUX GROUPES

Le tableau 1 ci-dessous présente la synthèse des travaux empiriques qui ont déterminé empiriquement les différentes variables fondamentales du taux de change réel d'équilibre.

[3] GVAR =*The Global Vector Autoregressive*. Pour plus d'information, voir Chudik & Pesaran (2014)

[4] DSGE= *Dynamic Stochastic General Equilibrium* sont des modèles d'équilibre général dynamique stochastique qui sont une extension de la théorie d'équilibre général.

[5] Le CEPII est un centre français de recherche et d'expertise sur l'économie mondiale. Il produit également des bases de données.

Tableau 1. Synthèse des travaux empiriques sur les fondamentaux du taux de change

Auteurs	Zone et période d'étude	Méthode d'analyse	Les variables fondamentales retenues
Clark & MacDonald (1999)	USA sur la période 1980-1986	Approche BEER	Les termes de l'échange, la position extérieure nette et la productivité relative
Clostermann & Schnatz (2000)	11 pays d'Europe sur la période de 1975 à 1998	Approche BEER	Différentiel de taux d'intérêt réel international, les prix relatifs des biens échangeables et ceux non échangeables, le prix réel du pétrole et la situation budgétaire relative
Dufrénot et al, (2008)	Cinq pays européens sur la période 1979-1999	Approche BEER	Termes de l'échange, le différentiel de taux d'intérêt, la position extérieure nette, le prix relatif, le déficit budgétaire rapporté au PIB, et un indicateur de mesure fiscale.
Mulder & Baldi (2004)	Argentine, au Brésil, au Chili et au Mexique de 1990 à 2002	Approche BEER	La productivité relative du travail qui mesure l'effet Balassa-Samuelson, les dépenses publiques et les termes de l'échange
Montiel (2007)	Six pays d'Amérique latine	Approche BEER	La productivité relative du travail, la position extérieure nette, les termes de l'échange, les dépenses de consommation du secteur public et la mesure de l'ouverture commerciale
Devarajan (1997)	12 pays de la zone franc CFA		
Iimi (2006)	Botswana sur la période 1985-2004	Approche BEER	La productivité relative, la position extérieure nette, la prime de risque et le différentiel de taux d'intérêt réel
Owoundi (2015)	16 pays Afrique Sub-saharienne 1980-2011	Approche BEER et le NATREX	Le taux de change effectif réel, la productivité relative, le taux d'ouverture économique, les termes de l'échange, les dépenses publiques, la position nette du gouvernement et une variable dummy (change fixe ou flottant)
Diop & Niang (2018)	Sénégal	Approche BEER	Les termes de l'échange, la productivité relative du travail, le taux d'ouverture, les dépenses publiques et le taux d'investissement

Source: Auteur à partir de la littérature présentée ci-dessus

Il ressort de la littérature sur les travaux empiriques que les variables fondamentales diffèrent d'une étude à l'autre mais il existe certaines variables qui sont unanimes à toutes les études. Les principales variables fondamentales qui sont unanimes à la majorité des études sont les termes de l'échange, la position extérieure nette, la productivité relative qui mesure l'effet Balassa-Samuelson, l'ouverture commerciale et les dépenses publiques.

3 MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE DE LA DÉTERMINATION DU TAUX DE CHANGE RÉEL D'ÉQUILIBRE ET SES DÉSALIGNEMENTS

Nous présentons dans cette section d'abord le cadre d'analyse et la technique d'estimation du taux de change et calcul de ses désalignements (3.1), ensuite, les tests préliminaires pour la spécification de l'estimateur et les variables et données d'analyse (3.2) et enfin les tests de spécification de modèle et présentation des variables et données d'analyse (3.3).

3.1 CADRE D'ANALYSE ET TECHNIQUE D'ESTIMATION DU TAUX DE CHANGE ET CALCUL DE SES DÉSALIGNEMENTS

3.1.1 CADRE D'ANALYSE DE LA DÉTERMINATION DU TAUX DE CHANGE D'ÉQUILIBRE

Dans le cadre de cette thèse, le modèle de base sur lequel nous nous appuyons pour analyser les effets des désalignements est celui de petite économie dépendante (ouverte) développé par Salter (1959) et Swan (1960). Le modèle suppose une économie ouverte à deux secteurs dont l'un, le secteur des biens échangeables et l'autre, le secteur des biens non échangeables. Le premier est tout naturellement exposé à la concurrence étrangère et constitue le canal par lequel les désalignements du TCR peuvent influencer la décision d'investissement dans un pays donné. Les entreprises produisant des biens non échangeables et des biens manufacturés combinent les facteurs capital (k) et travail (l) à l'aide d'une fonction de production Cobb-Douglas à rendements d'échelle constants. La forme réduite de la fonction de production est:

$$y=Ak^{\alpha}l^{1-\alpha} \quad (4)$$

Avec y = le revenu; A = le facteur technologie qui est exogène; k = le facteur capital et l = le facteur travail.

Ainsi, à partir de cette fonction générale de production, on introduit les coûts de transaction associés aux échanges extérieurs: pour chaque unité de bien importé ou exporté, une certaine proportion de perte ou de gain se réalise dans l'économie en raison des coûts liés à la conversion de devises ou à l'incertitude du taux de change. Cette proportion de perte ou de gain serait en fonction des quantités vendues ou achetées à l'extérieure et qui sont affectées par les distorsions du taux de change. A partir de ce modèle théorique, le taux de change d'équilibre peut être déterminé. Comme évoqué plus haut, il existe dans la littérature plusieurs approches qui permettent de déterminer son équilibre.

Pour le cas de cette thèse, l'approche BEER est retenue pour la détermination du TCER d'équilibre qui est nécessaire au calcul des désalignements. L'utilisation de cette approche se justifie par le fait qu'elle utilise un cadre théorique moins complexe permettant une analyse empirique plus aisée. Son avantage est que lorsque le taux de change s'écarte de son équilibre, les fondamentaux de la relation de long terme sont censés exercer une force de rappel sur le taux de change courant pour le faire converger vers sa valeur d'équilibre.

3.1.2 TECHNIQUE D'ESTIMATION DU TAUX DE CHANGE ET CALCUL DE SES DÉSALIGNEMENTS

La démarche méthodologique adoptée consiste d'abord à estimer le taux de change réel en fonction de ses fondamentaux avant de calculer les écarts du taux de change réel par rapport à son niveau d'équilibre des pays d'ASS.

3.1.3 PRÉSENTATION DU MODÈLE ARDL EN PANEL

La détermination du désalignement du TCR reste encore aujourd'hui une préoccupation majeure dans les études empiriques et cela à cause du fait que le TCR d'équilibre n'est pas observable. De ce fait, les résultats de sa détermination dépendront de la technique d'estimation économétrique utilisée et une bonne spécification du modèle s'avère primordiale. Le choix du modèle ARDL se justifie par sa pertinence, la robustesse des résultats auxquels il aboutit et surtout du fait qu'il est adapté pour les analyses des relations de cointégration en panel.

Par ailleurs, le modèle ARDL permet de tenir compte de la dynamique des phénomènes étudiés tout en gardant des propriétés intéressantes dans le cas d'intégration des variables à différents niveaux (I (0), I (1)). Il permet également d'obtenir simultanément les relations de court-terme et celles de long-terme tout en prenant en compte les problèmes d'hétérogénéité du panel.

En effet, le modèle ARDL en panel est basé sur trois estimateurs: le *Mean Group (MG)* proposé par Pesaran & Smith (1995), le *Pooled Mean Group (PMG)* et le *Dynamic fixed effect (DFE)* développés par Pesaran et al. (1999). L'estimateur MG est la moyenne non pondérée des coefficients issus des différentes régressions individuelles. Il permet la variabilité des coefficients dans le long et le court terme. Le PMG combine à la fois le *pooling* et la moyenne. En effet, cette méthode impose une contrainte d'égalité aux coefficients de long terme et permet aux coefficients de court terme d'être différents d'un pays à l'autre.

La différence fondamentale entre le PMG et le MG vient du fait que l'estimateur MG ne prenne pas en compte l'éventualité que certains paramètres dans les groupes puissent être les mêmes. Le modèle DFE est similaire au PMG, mais il impose en plus l'égalité de la vitesse du coefficient d'ajustement à celle du coefficient de court-terme. Le test de Hausman nous permettra de faire la confrontation des deux estimateurs. Ce test vérifie l'hypothèse nulle que les coefficients obtenus avec le PMG et le DFE ne sont pas significativement différents.

Le PMG constitue un bon estimateur dans le cas où la restriction imposée est vérifiée. Un autre avantage dans l'utilisation du PMG est qu'il donne l'avantage de prendre en compte l'hétérogénéité des pays et offre la possibilité d'utiliser des données de panels pour lesquelles le nombre d'observation de la série chronologique T est aussi grand que celui des individus N (Pesaran et al. 1999). A cet effet, pour faire ressortir les coefficients de court terme, de long terme ainsi que la vitesse d'ajustement, la forme réduite de l'équation du Modèle à Correction d'Erreur (MCE) s'écrit comme suit:

$$\mathrm{Tcer}_{i,t}=\alpha_i+\beta_1\mathrm{Produc}_{i,t}+\beta_2\mathrm{Ouv}_{i,t}+\beta_3\mathrm{TE}_{i,t}+\beta_4\mathrm{DPub}_{i,t}+\beta_5\mathrm{PE}_{i,t}+\sigma\ (\mathrm{Tcer}_{i,t}-a\mathrm{X}_{it}-b)+\varepsilon_{i,t} \quad (5)$$

Avec $\varepsilon=$ le terme d'erreur; $\sigma=$ la force de rappel de (Tcer) et $(a\mathrm{X}_{it}+b)=$ la valeur d'équilibre de long terme de (Tcer).

3.1.4 MÉTHODE DE CALCUL DES DÉSALIGNEMENTS DU TCER

Le TCER d'équilibre qui se dégage de l'estimation permet de calculer les écarts du TCER observé par rapport à cet équilibre de long terme. La formule utilisée pour le calcul de cet écart appelé désalignement se présente comme suit:

$$\mathrm{Desal}=\mathrm{Tcer}_{\text{calculé}}-\mathrm{Tcer}_{\text{obs}}=\mathrm{BEER}_{\text{estimé}}-\mathrm{Tcer}_{\text{obs}} \quad (6)$$

Avec Desal = la valeur des désalignements du taux de change. Une valeur positive de Desal signifie une surévaluation et une valeur négative signifie une sous-évaluation du TCER.

$\mathrm{TCER}_{\mathrm{cal}} = \mathrm{BEER}_{\mathrm{estimé}} =$ Taux de change effectif réel calculé à partir de l'estimation économétrique

$\mathrm{TCER}_{\mathrm{obs}}$ = le taux de change effectif réel observé est celui collecté sur des bases de données statistiques.

Par ailleurs, au regard du problème d'hétérogénéité des pays relatif au type de régime de change qu'ils adoptent, nous avons procédé à l'estimation en deux sous-groupes selon que le pays a adopté un régime de change fixe ou flexible. Ensuite, les désalignements issus des résultats de chaque sous-groupe sont fusionnés pour obtenir l'ensemble du panel.

3.2 TESTS DE SPÉCIFICATION DE MODÈLE ET PRÉSENTATION DES VARIABLES ET DONNÉES D'ANALYSE

3.2.1 TESTS DE SPÉCIFICATION DE MODÈLE D'ESTIMATION DU TAUX D'ÉCHANGE DE LONG TERME

Afin de retenir l'estimateur le plus approprié pour les estimations économétriques, un certain nombre de tests basiques sont nécessaires. Il s'agit des tests de stationnarité, le test cointégration, et le test de Hausman pour le choix de l'estimateur.

3.2.1.1 TESTS DE STATIONNARITÉ DES VARIABLES FONDAMENTALES DU TAUX DE CHANGE

L'analyse des relations de long terme entre le TCER et de ses variables fondamentales requiert la prise en compte des problèmes de stationnarité des variables. En effet, les tests de stationnarité permettent d'éviter des régressions fallacieuses. Dans la littérature, plusieurs types de test de stationnarité existent dont on distingue les tests de première génération, les tests de deuxième génération, etc. Les tests de première génération notamment les tests de Maddala & Wu (1999) reposent sur l'hypothèse d'indépendance interindividuelle des résidus. Contrairement aux tests de premières générations, les tests de seconde génération permettent la prise en compte des différentes formes de dépendance entre individus. Cette seconde génération inclut, entre autres, les contributions de Choi (2002) et de Pesaran (2003). Pour ce travail nous retenons les tests de seconde génération, particulièrement celui de Choi (2002) dans le but d'étudier les propriétés stochastiques des différentes séries de notre modèle. En effet, le test de la racine unitaire de Choi (2002) permet d'éliminer les éventuelles corrélations interindividuelles et les composantes de tendance déterministes à partir d'une transformation de la variable observée.

3.2.1.2 TEST DE COINTÉGRATION EN PANEL

Plusieurs auteurs ont proposé des techniques économétriques qui permettent de vérifier la présence ou l'absence de relation de cointégration. L'importance de tels tests réside du fait qu'ils permettent de vérifier d'éventuelle présence de relations de long terme entre la variable dépendante et celles explicatives, ce qui permet de choisir le modèle approprier pour les estimations. Parmi ces différents tests de cointégration, le test de Pedroni (1999) semble le plus approprié car il prend en compte l'hétérogénéité par le biais de paramètres qui peuvent varier entre les individus. Le problème de l'hétérogénéité est qu'elle peut se situer à la fois au niveau des relations de cointégration, et au niveau de la dynamique de court terme.

Dans ces conditions, il peut y avoir une relation de cointégration pour chaque individu et qui n'est pas nécessairement la même pour chacun des individus du panel. Alors, une prise en compte d'une telle hétérogénéité dans les tests de cointégration est d'une grande importance puisqu'en pratique, il est rare que les vecteurs de cointégration soient identiques d'un individu à l'autre dans le panel.

3.2.1.3 TEST DE HAUSMAN POUR LE CHOIX DE L'OPÉRATEUR

Lorsque les tests de cointégration ont révélé la présence de la relation de long terme entre les variables utilisées, la prochaine étape consiste à choisir l'estimateur le plus adéquat pour les estimations. Pour ce faire, dans l'utilisation du modèle ARDL, le test de Hausman permet de choisir parmi les trois estimateurs (MG, DFE et PMG), celui le plus approprié pour les analyses économétriques. Les estimateurs MG, PMG et DFE reposent sur la spécification dynamique de panel d'un modèle ARDL.

Le test de Hausman teste l'hypothèse nulle d'une différence non systématique entre les coefficients du modèle. En outre, il sert également de critère de choix entre les trois estimateurs en les comparant deux à deux. Les estimations MG sont présentées sous la forme d'un modèle à deux équations: le vecteur de cointégration normalisé et les coefficients dynamiques à court terme. Les modèles DFE sont soumis à un biais d'équation simultané dû à l'endogénéité entre le terme d'erreur et la variable dépendante retardée. Le test de Hausman peut être facilement réalisé pour mesurer l'étendue de cette endogénéité.

Pour ce qui est de l'estimateur PMG, il permet la « mise en commun » entre les pays produit des estimations efficaces et cohérentes lorsque les restrictions sont vraies. Ainsi, si le modèle est hétérogène, les estimations PMG sont incohérentes. Les estimations MG

effectuent la moyenne non pondérée des N coefficients de régression individuels avec l'option de parcourir tout le panel de l'échantillon pour estimer les paramètres du modèle.

En fin, l'estimateur DFE, comme l'estimateur PMG, restreint les coefficients du vecteur de cointégration pour qu'ils soient égaux dans tout le panel. Sa particularité par rapport au PMG est qu'il restreint davantage la vitesse du coefficient d'ajustement entre les coefficients à court terme et ceux de long terme.

3.2.2 PRÉSENTATION DES VARIABLES FONDAMENTALES DU TAUX DE CHANGE ET DES DONNÉES

La variable dépendante et les variables explicatives sont présentées en 3.2.2.1 et les données retenues et analyses descriptives sont présentées en 3.2.2.2.

3.2.2.1 PRÉSENTATION DES VARIABLES FONDAMENTALES DU TAUX DE CHANGE

3.2.2.1.1 LA VARIABLE DÉPENDANTE

Il existe dans la réalité plusieurs notions du taux de change perçu en tant que la valeur d'une monnaie. On peut les regroupées en indicateurs nominaux d'une part et en indicateurs réels d'autre part[6]. En ce qui concerne cette thèse, le taux de change effectif réel (TCER) a été retenu pour les différentes analyses au regard de sa prise en compte du caractère multilatéral dans les échanges entre pays. En effet, le TCER représente la moyenne pondérée des taux de change réel bilatéraux entre un pays et ses principaux partenaires commerciaux. Il se mesure en prenant en compte les indices de prix déflatés et de leurs évolutions et permet ainsi d'apprécier les variations du pouvoir d'achat d'une monnaie dans un intervalle de temps donné. La forme réduite de l'équation du TCER peut être écrite comme suit:

$$\mathrm{TCER}_{t,i} = \mathrm{TCN}_{i,\,E/MN} * \frac{\mathrm{IPCt}_{t,\,ZE}}{\mathrm{IPC}_{t,i}} * \mathrm{PCZE}_{t,i} + \mathrm{TCN}_{i,\,\$/MN} * \frac{\mathrm{IPC}_{t,RDM}}{\mathrm{IPC}_{t,i}} * \mathrm{PCRDM}_{t,i} \quad (7)$$

Avec: $\mathrm{TCER}_{t,i}$ est le taux de change effectif réel du pays i à la date t; $\mathrm{TCN}_{i,\,E/MN}$ est le taux de change nominal à la date t entre l'euro et la monnaie nationale (MN); $\mathrm{TCN}_{i,\,\$/MN}$ est le taux de change nominal entre le dollar et la monnaie nationale; PCZE est la part du commerce de la zone euro et PCRDM est la part du commerce du reste du monde.

$$\mathrm{PCZE}_{t,i} = \frac{\mathrm{PEZE}_{t,i} * \mathrm{EXPOT}_{t,i} + \mathrm{PIZE}_{t,i} * \mathrm{IMPORT}_{t,i}}{\mathrm{EXPORT}_{t,i} + \mathrm{IMPORT}_{t,i}} \quad (8)$$

Avec: $\mathrm{PEZE}_{t,i}$ étant la part des exportations (EXPORT) du pays i vers la zone euro à la date t et $\mathrm{PIZE}_{t,i}$ la part des importations (IMPORT) des importations du pays i en provenance de la zone euro à la date t. La part du commerce avec le reste du monde est aussi calculée suivant le même principe.

3.2.2.1.2 LES VARIABLES EXPLICATIVES

En se basant sur les études antérieures et sur la disponibilité des données, les variables fondamentales retenues dans cette thèse pour le calcul de l'équilibre du taux de change effectif réel sont la productivité relative, le taux d'ouverture économique, les termes de l'échange, les dépenses publiques et la position nette du gouvernement. A la différence d'Owoundi (2015), nous n'intégrons pas la variable dummy dans l'estimation du taux de change d'équilibre, mais nous faisons la distinction entre le groupe de pays qui utilisent un régime de change fixe à ceux qui utilisent le change flexible. Cette distinction entre les deux types de régime permet de résoudre le problème d'hétérogénéité entre les pays due à leur appartenance à un régime plutôt que l'autre. La forme réduite de l'équation du taux de change réel se présente comme suit:

$$\mathrm{Tcer}_{i,t} = \alpha_i + \beta_1 \mathrm{Produc}_{i,t} + \beta_2 \mathrm{Ouv}_{i,t} + \beta_3 \mathrm{TE}_{i,t} + \beta_4 \mathrm{DPub}_{i,t} + \beta_5 \mathrm{PE}_{i,t} \quad (9)$$

[6] Il existe deux types d'indicateurs nominaux à savoir le taux de change nominal appelé encore cours de change nominal et le taux de change effectif nominal. De même, il existe deux types d'indicateurs réels à savoir le taux de change réel et le taux de change effectif réel.

$\mathbf{Tcer_{i,t}}$= Le taux de change effectif réel de la monnaie nationale dans le pays i pour l'année t. Il est ici utilisé sur la base du déflateur du PIB.

$\mathbf{Produc_{i,t}}$ **=** La productivité relative qui mesure l'effet Balassa-Samuelson. Pour absence de données statistiques de la productivité de travail, nous utilisons le proxy proposé par Lane & Milesi-Ferretti (2004) et utilisé par Owoundi (2015) construit à partir du PIB réel. La formule du calcul de ce proxy se présente comme suit:

$$\mathbf{Produc}_{1t}=\frac{\left(\frac{\text{PIB}_{\text{réel}}}{\text{habitant}}\right)_{it}}{\left(\frac{\text{PIB}_{\text{réel}}}{\text{habitant}}\right)_{it,\,\text{OCDE}}} \qquad (10)$$

$\mathbf{Ouv_{i,t}}$ **=** le taux d'ouverture commerciale. La formule de calcul est la suivante: [(Exportations + Importations) /2] /PIB) x 100.

$\mathbf{TE_{i,t}}$ = les termes de l'échange qui sont le rapport des prix des exportations sur les prix des importations.

$\mathbf{DPub_{i,t}}$ **= les** dépenses publiques qui représentent les dépenses de consommation finale des administrations publiques. Elle mesure la taille de l'Etat.

$\mathbf{PE_{i,t}}$ **=** la position extérieure nette du gouvernement, associée à l'écart entre l'épargne et l'investissement domestiques.

A partir de ces variables, l'on fait la distinction entre les pays à régime de change fixe (zone monétaire et les pays de l'aire monétaire commune: régime de change fixe sans monnaie officielle distincte) à ceux à change flottant[7] en subdivisant l'échantillon en deux sous-panels. L'idée est que l'on cherche à observer les changements liés à l'appartenance du pays à un type de régime de change notamment l'ampleur du désalignement suivant le type de régime de change. Le tableau 2 suivant présente les variables fondamentales retenues pour la détermination du taux de change d'équilibre.

Tableau 2. Liste des variables retenues pour la détermination du TCER

Variables	Signe attendu	Sources	Base de données
Taux de change effectif réel		CNUCED	Base de données statistique de la CNUCED
1. Productivité relative	+	Calcul	Calcul de l'auteur
2. Taux d'ouverture	+ ou -		
3. Dépenses publiques	+	Banque mondiale	World Development Indicators (WDI)
4. Termes de l'échange	+		
5. Position extérieur nette	+		

Source: Auteur

3.2.2.2 PRÉSENTATION DE L'ÉCHANTILLON ET LES STATISTIQUES DESCRIPTIVES

3.2.2.2.1 PRÉSENTATION DE L'ÉCHANTILLON D'ANALYSE DU TAUX DE CHANGE D'ÉQUILIBRE

L'échantillon retenu pour cette thèse est composé de 14 pays à régime de change fixe et 22 pays à régime de change flexible, soit un total de 36 pays d'ASS et il couvre la période 1998-2018. Le tableau 3 ci-dessous présente la liste des pays de l'échantillon en fonction du type de régime de change. Le choix de cet échantillon est exclusivement basé sur la disponibilité des données sur les variables fondamentales retenues pour la détermination du taux de change d'équilibre de long terme à partir des estimations d'un modèle économétrique.

[7] Voir la classification brute de Reinhart & Rogoff (2004).

Tableau 3. Liste des 36 pays d'ASS retenus

Régime de change flexible			Régime de change fixe	
Angola	Ghana	Mozambique	Bénin	Niger
Afrique du Sud	Guinée	Nigéria	Burkina Faso	R. Centrafricaine
Botswana	Kenya	Ouganda	Cameroun	R. Congo
Burundi	Madagascar	R.D. Congo	Côte d'Ivoire	Sénégal
Cap Vert	Malawi	Rwanda	Gabon	Tchad
Comores	Maurice	Sierra Leone	Guinée Bissau	Togo
Swaziland Gambie	Mauritanie	Tanzanie	Mali	Zimbabwe

Source: Auteur.

Ce regroupement des pays en deux types de régime de change s'est basé sur la classification de jurée du FMI selon laquelle il existe trois types de régimes de change: (i) l'arrimage ferme ou régime de change fixe qui représente les régimes où la monnaie nationale était établie par rapport à une autre monnaie, au droit de tirage spécial (DTS) ou à un ensemble d'autres monnaies; (ii) l'arrimage souple qui regroupe les régimes où le pays prévoit une flexibilité limitée du taux de change par rapport à une seule monnaie ou un groupe de monnaie et; (iii) le flottement qui regroupe les régimes où le pays prévoit une plus grande flexibilité du taux de change.

Partant de ce classement, nous avons regroupé d'une part tous les pays ayant un régime fixe dans un premier groupe et ensuite nous avons fusionné les deux derniers régimes (flottement et intermédiaire) pour constituer le régime de change flexible dans notre échantillon.

En résumé, cinq (05) variables fondamentales sont retenues pour le calcul du TCR d'équilibre pour un échantillon de 36 pays d'Afrique Subsaharienne dont 14 pays à régime de change fixe et 22 pays à régime de change flexible. L'étude couvre la période 1998-2018.

3.2.2.2.2 STATISTIQUES DESCRIPTIVES ET ANALYSE DE LA CORRÉLATION

Le tableau 4 ci-dessous présente les statistiques descriptives des variables utilisées. Il ressort de ce tableau que le TCER dans les pays d'ASS sur la période 1998-2018 représentent en moyenne 108,97 avec un minimum de 52,07 et un maximum de 854,50 respectivement pour la République du Congo (1998) et la R.D Congo en 2000 (observée dans la base de données). S'agissant du taux d'ouverture commerciale, il affiche une moyenne de 33,95 avec un minimum de 10,36 et un maximum de 87,90. Quant aux dépenses publiques, elles ressortent en moyenne de 13,97 % du PIB sur la période 1998-2017 avec un minimum de 0.95% du PIB et un maximum de 28.73% du PIB enregistrés respectivement au Nigéria et en Mauritanie en 2003. Pour ce qui est de la variable termes de l'échange, elle est ressortie en moyenne de 117,57 avec un minimum de 21,40 (Swaziland en 2016) et un maximum de 251,57 (Angola en 2013). Quant aux variables productivité relative et Position extérieure nette, elles sont ressorties en moyenne de 4,49 et de -8,13 respectivement, avec des minimums respectifs de 0,424 (Burundi 2003) et de -100,97 (Tchad en 2002). Leurs maximums respectifs sont de 28,04 (Gabon en 2011) et de 42,87 (Congo en 2018).

Tableau 4. Statistiques descriptives des variables

Variables	Nombre d'observations	Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum
Variable dépendante: Taux de change effectif réel (TCER)					
TCER	756	108,97	39,86	52,07	854,50
Ouverture	756	33,95	14,42	10,36	87,90
Dépense publique	756	13,97	4,91	0,95	28,73
Termes de l'échange	756	117,57	35,83	21,40	251,57
Productivité relative	756	4,49	5,63	0,424	28,04
Position extérieure nette	756	-8,13	13,78	-100,97	42,87

Sources: Auteur à partir des données CNUCED (2020) et du WDI, (2020).

4 RÉSULTATS D'ANALYSE ET DISCUSSION SUR LES FONDAMENTAUX DU TAUX DE CHANGE

Nous présentons successivement les tests préliminaires et de spécification du modèle en (4.1), les résultats d'estimations issues des analyses et le calcul du niveau d'équilibre du TCER en (4.2) et l'évolution des désalignements du TCER par rapport à son niveau d'équilibre en (4.3).

4.1 RÉSULTATS DES TESTS PRÉLIMINAIRES ET DE SPÉCIFICATION DU MODÈLE

Les tests préliminaires retenus ici sont les tests de stationnarité des variables, le test de cointégration et le test de Hausman pour le choix entre les estimateurs DFE et PMG.

4.1.1 RÉSULTATS DES TESTS DE STATIONNARITÉ DES VARIABLES FONDAMENTALES DU TAUX DE CHANGE

Les résultats de ces tests sont présentés dans le tableau 5 ci-dessous. Dans ce tableau, le test de Dickey-Fuller augmenté (ADF) a été effectué sur les variables en tenant compte de la tendance et la constante tandis que le test de Phillips-Perron test (PP) ne prend en compte que la tendance. Les résultats montrent que ce sont le taux de change effectif réel, les dépenses publiques mesurées par les dépenses de consommation finale de l'administration publique et la position extérieure nette du gouvernement qui sont stationnaires à niveaux. Ces variables sont donc intégrées d'ordre zéro (I (0)).

Par contre, les variables tels le taux d'ouverture, la productivité relative qui mesure l'effet Balassa-Samuelson et les termes de l'échange ne sont pas stationnaires à niveaux. Ces variables deviennent toutes stationnaires à près leur première différence. Elles sont donc intégrées d'ordre un (I (1)).

Tableau 5. Résultat des tests de racines unitaires en panel

Variables	Statistique MW (1999)	Statistique de Choi (2002)			Ordre d'intégration
		Z	L^*	PM	
Test d'ADF des variables (avec tendance et constante)					
Taux de change effectif réel	287,29*** (0,000)	-11,35*** (0,000)	-12,91*** (0,000)	17,94*** (0,000)	I (0)
Taux d'ouverture	206,33*** (0,000)	-8,85*** (0,000)	-9,05*** (0,000)	11,19*** (0,000)	I (1)
Productivité relative	193,68*** (0,000)	-8,61** (0,017)	-8,52*** (0,001)	10,14*** (0,000)	I (1)
Termes de l'échange	234,96*** (0,000)	-10,23*** (0,002)	-10,60*** (0,000)	13,58*** (0,000)	I (1)
Dépense publique	259,71*** (0,002)	-10,72*** (0,002)	-11,66 *** (0,002)	15,64*** (0,000)	I (0)
Position extérieure nette	303,89*** (0,000)	-12,33*** (0,002)	-13,76*** (0,000)	19,32*** (0,000)	I (0)
Test de PP des variables (avec tendance)					
Taux de change effectif réel	225,33*** (0,000)	-5,19*** (0,000)	-8,10*** (0,000)	12,78*** (0,000)	I (0)
Taux d'ouverture	595.54*** (0,000)	-19.63*** (0,000)	-27.38*** (0,000)	43.63*** (0,000)	I (1)
Productivité relative	363.42*** (0,000)	-13.48*** (0,000)	-16.55*** (0,000)	24.28*** (0,000)	I (1)
Termes de l'échange	379.97*** (0,000)	-13.66*** (0,000)	-17.14*** (0,000)	25.66*** (0,000)	I (1)
Dépense publique	119,81*** (0,000)	-2,36*** (0,009)	-2,74*** (0,003)	3,98*** (0,000)	I (0)
Position extérieure nette	158,02*** (0,000)	-4,57*** (0,000)	-5,31*** (0,000)	7,17*** (0,000)	I (0)

*Source: Note: *** et ** représentent respectivement la stationnarité aux seuils de 1% et de 5%.*

En résumé, il ressort du tableau 5 que les variables sont intégrées d'ordre zéro (I (0)) ou d'ordre un (I (1)). Par conséquent, il existe une suspicion de cointégration entre le taux change effectif réel et ses fondamentaux. La présence de la relation de cointégration implique qu'il existe des relations de long terme entre les variables. Le sous-point suivant présente le test de cointégration.

4.1.2 RÉSULTATS DU TEST DE COINTÉGRATION EN PANEL

Le test de Pedroni (1999) suit une loi normale centrée réduite, et la décision revient à comparer les T-statistiques à la valeur critique au seuil de 1%. Si les T-statistiques calculés sont supérieurs à la valeur critique ($T_{calculé}$ > 1%) on accepte l'hypothèse nulle d'existence de relations de cointégration entre le TCER et ses fondamentaux. Mais si au contraire, les T-statistiques calculés sont inférieurs à la valeur critique ($T_{calculé} \leq 1\%$) on n'accepte pas l'hypothèse nulle, et il n'existe pas de relations de cointégration entre le TCER et ses fondamentaux. Les résultats du test appliqué aux variables de la présente étude sont donnés par le tableau 6 ci-dessous. Les résultats présentés dans le tableau 6 montrent qu'il existe des relations de long terme entre le TCER et ses fondamentaux car les T-statistiques sont tous supérieurs au seuil de 1%. Le tableau 6 montre que les valeurs absolues des T-statistiques calculés sont toutes supérieures à 0,01 aussi bien dans le panel regroupant tous les pays de l'échantillon que dans ceux des régimes de change fixe ou flexible.

Ce résultat montre qu'on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle de présence de relations de cointégration entre les variables du panel. De ce fait, nous pouvons conclure qu'il existe des relations de cointégration entre le taux change effectif réel et ses fondamentaux.

Tableau 6. Tests de cointegration de Pedroni (1999)

	Groupe d'ensemble		Change fixe		Change flexible	
Test Stats.	**Panel**	**Group**	**Panel**	**Group**	**Panel**	**Group**
v |	-0,80	-	-1,52	-	-0,85	-
rho |	2,81	4,97	2,25	3,27	2,28	3,87
t |	-3,62	-3,92	-0,75	-1,28	-2,70	-3,18
adf |	3,81	3,80	4,684	7,134	4,20	7,01
	No. of Panel units: 36		**N**o. of Panel units: 14		**N**o. of Panel units: 22	
	No. of obs.: 756		No. of obs.: 294		No. of obs.: 462	
	Avg obs. per unt: 21		Avg obs. per unit: 21		Avg obs. per unit: 21	

Source: Auteur à partir des estimations

4.1.3 RÉSULTATS DU TEST DE HAUSMAN SUR LE CHOIX ENTRE DFE ET PMG

Le test de Hausman permet de distinguer entre le modèle DFE et PMG, le modèle le plus performant pour les estimations. Les résultats du « *test Hausman DFE PMG, sigmamore* » montrent que le PMG est l'estimateur le plus approprié pour l'implémentation économétrique.

Tableau 7. Test de Hausman sur le choix entre DFE et PMG

	(b)	(B)	(b-B)	sqrt (diag (V_b-V_B))
	DFE	**pmg**	**Difference**	**S.E.**
Ouverture	0,152	-0,381	0,533	2,659
Dépenses publiques	0,683	-0,405	1,088	6,350
Termes de l'Echange	0,065	0,062	0,003	0,711
Productivité relative	3,707	2,973	0,734	12,958
Position Extérieure nette	0,366	-0,717	1,083	2,264
Chi2 (5)		= (b-B) ' [(V_b-V_B) ^ (-1)] (b-B)		= 0,25
Prob>chi2				= 0,998

Source: Auteur à partir des estimations

Le résultat du test de Hausman entre le modèle PMG et le DFE indique que la probabilité calculée (0,9984) est supérieure au seuil de 5%, ce qui signifie que l'estimateur du modèle PMG est préférable à celui du modèle DFE.

4.2 RÉSULTATS D'ESTIMATION DES FONDAMENTAUX ET CALCUL DU TAUX DE CHANGE D'ÉQUILIBRE

Nous présentons d'une part les résultats de court et de long terme des estimations par le modèle PMG (4.2.1) et d'autre part, nous procéderons au calcul du taux de change d'équilibre ainsi que de ses désalignements (4.2.2.).

4.2.1 RÉSULTATS D'ESTIMATION DES FONDAMENTAUX DU TAUX DE CHANGE PAR LES PMG

Le tableau 1-8 ci-dessous présente les résultats issus de l'estimation du comportement du TCER par rapport à ses fondamentaux par l'estimateur PMG et cela sur deux dimensions. La première dimension (verticale) distingue les relations de courts termes des relations de long terme tandis que la deuxième dimension (horizontale) traite les questions d'hétérogénéité entre les pays suivant le type de régime de change que chacun a adopté.

Afin de tenir compte de types de régimes de change qui pourraient influencer les résultats dans les estimations, nous décomposons le panel d'ensemble en deux sous-groupes de panels. Le premier panel regroupe les pays à régime de change fixe et le second regroupe ceux de change flexible. De ce fait, le tableau 1-8 présente les résultats en trois niveaux. D'abord, la colonne 2 présente les résultats d'estimation du panel de l'ensemble des 36 pays sans tenir compte du type de régime de change. Ensuite, la colonne 3 montre les résultats obtenus de l'estimation du sous-panel qui regroupe les pays à régime de change fixe. Enfin, la colonne 4 présente les résultats de l'estimation du sous-panel qui regroupe les pays à régime de change flexible.

Les résultats d'estimation du comportement du TCER par rapport à ses fondamentaux confirment que les deux sous-panels ne sont pas homogènes au regard de la différence observée entre les coefficients des variables dans chaque sous-groupe et vis-à-vis du panel d'ensemble.

En ce qui concerne les relations de long terme, le tableau 1-8 montre que globalement, les résultats obtenus sont cohérents avec nos attentes théoriques aussi bien dans le groupe d'ensemble que dans les deux panels. En effet, au seuil de 5%, ce sont la productivité relative, les termes de l'échange, les dépenses publiques, le taux d'ouverture et la position extérieure qui déterminent la dynamique de long terme du taux de change effectif réel des 36 pays d'ASS sur la période 1998-2018.

Cependant, lorsqu'on examine le comportement de long terme du TCER suivant les deux groupes de régime de change, l'on constate que les pays à régime de change fixe n'ont pas les mêmes déterminants (variables fondamentales) du TCER que ceux de régime de change flexible. En effet, dans les pays à régime de change fixe, ce sont la productivité relative, les termes de l'échange, les dépenses publiques et la position extérieure qui constituent les fondamentaux du taux de change effectif. Mais, dans les pays à régime de change flexible, ce sont la productivité relative, les termes de l'échange, le taux d'ouverture et les dépenses publiques qui constituent les fondamentaux du taux de change effectif réel.

Conformément au signe attendu, il ressort du tableau 1.8 que la productivité relative qui mesure l'effet Balassa-Samuelson a un effet positif sur le taux de change réel. Ce résultat signifie que le taux de change réel d'équilibre des pays d'ASS est déterminé par la productivité relative du secteur national exposé à la concurrence internationale. Une augmentation de 1 point de pourcentage de la productivité relative entraine une augmentation du TCER de 11,8 points de pourcentage mais cette hausse est plus élevée dans le pays à régime de change fixe (8 points de pourcentage) que dans ceux à régime de change flexibles (2 points de pourcentage). Ces résultats sont conformes à ceux trouvés par Owoundi (2015), Grekou (2015) et Diop & Niang (2018).

De même, les résultats montrent une relation positive entre TCER et termes de l'échange. En d'autres termes, l'amélioration des termes de l'échange qui signifie une baisse de compétitivité prix entraine une appréciation réelle du taux de change. De ce faite, une augmentation des termes de l'échange de 1 point de pourcentage entraine une appréciation réelle du TCER de 0,18 point de pourcentage pour l'ensemble des pays de l'échantillon et de 0,27 point de pourcentage et de 0,33 point de pourcentage respectivement pour les pays à régime de change fixe et ceux de change flexible.

Quant aux dépenses publiques qui mesure ici la taille de l'Etat, leur augmentation est associée à une dépréciation de la valeur réelle du taux de change. En effet, une hausse de 1 de point de pourcentage de la taille de l'Etat entraine une dépréciation de la monnaie nationale de 0,33 point de pourcentage et de 0,76 de point de pourcentage respectivement dans les pays à régime de change fixe et ceux à régime de change flexible. Ces résultats corroborent ceux trouvés par Owoundi (2015).

En outre, le degré d'ouverture au commerce mondial a un effet positif sur le TCER c'est-à-dire que l'ouverture commerciale à tendance à déprécier la valeur réelle du taux de change. Un augmentation du taux d'ouverture commerciale de 1 point de pourcentage entraine conformément à Diop & Niang (2018) une augmentation du TCER de 0,18 point de pourcentage dans le groupe d'ensemble et de 0,63 point de pourcentage dans les pays à régime de change flexibles.

Enfin, il ressort du tableau de résultat qu'il existe une relation positive entre la position extérieure nette du gouvernent et le TCER. une hausse de 1 point de pourcentage de la position extérieure entraine une dépréciation de la monnaie nationale de 0,13 point de pourcentage et de 0,44 point de pourcentage respectivement dans le panel d'ensemble et les pays à régime de change fixe. Ces résultats sont conformes à ceux obtenus par Owoundi (2015).

Tableau 8. Résultat du Pooled Mean Group Regression

Taux de change effectif réel	PMG Groupe	PMG Change fixe	PMG Change flexible
	Long terme		
Productivité relative	11,751***	8,097***	2,233***
	(0,008)	(0,000)	(0,007)
Termes de l'échange	0,181***	0,271***	0,327***
	(0,000)	(0,000)	(0,000)
Dépenses publiques		0,833***	0,764**
		(0,002)	(0,027)
Ouverture	0,181***		0,632***
	(0,001)		(0,000)
Position extérieure nette	0,128**	0,438***	
	(0,023)	(0,000)	
	Court terme		
Productivité relative	26,078***	14,329***	33,658***
	(0,002)	(0,000)	(0,001)
Termes de l'échange	0,154	0,015	0,166
	(0,229)	(0,794)	(0,347)
Dépenses publiques		-0,326**	-0,006
		(0,046)	(0,272)
Ouverture	-0,246		-0,634**
	(0,340)		(0,049)
Position extérieure nette	0,016	-0,123	
	(0,854)	(0,101)	
Error correction term	-0,248***	-0,259***	-0,194***
	(0,000)	(0,006)	(0,000)
Number of obs	720	280	440
Number of groups	36	14	22

Source: Auteur à partir des estimations

En ce qui concerne les résultats de court terme, seule la productivité relative a un effet significatif sur le taux de change effectif réel dans l'échantillon total. En effet, une hausse de la productivité relative de 1 point de pourcentage entraine une dépréciation de 26 points de pourcentage du TCER dans le panel d'ensemble et de 14,3 points de pourcentage et de 33,7 points de pourcentage respectivement dans les pays à change fixe et ceux flexible. Les variables fondamentales ne sont pas significatives à cours termes car les effets transitoires sont observables dans la volatilité du taux de change notamment dans sa valeur nominale et non dans sa valeur réelle. Les variables fondamentales ont tendance à expliquer la dynamique de long terme du taux de long terme à travers des effets permanents.

4.2.2 POSTE ESTIMATION: CALCUL DU TAUX DE CHANGE D'ÉQUILIBRE ET DE SON DÉSALIGNEMENT

Après l'estimation des équations d'équilibre de long du TCER, nous pouvons calculer son niveau d'équilibre de long terme pour chaque type de régime de change en utilisant l'équation d'estimation de départ. L'idée de cette segmentation est qu'il ressort des estimations une différence notable entre les groupes de pays de sorte que nous jugeons nécessaire de calculer séparément le taux de change d'équilibre BEER avant de les compiler. Les équations empiriques qui ont servi au calcul du taux de change réel d'équilibre selon l'approche BEER sont présentées dans les paragraphes ci-dessous.

Pour les pays à régime de change fixe:

$$\begin{aligned}\text{BEER1}_{\text{calculé}} = {} & 0{,}271^{*}(\text{Termes_de_l'échange}) + 8{,}097^{*}\ (\text{Productivité_relative}) \\ & + 0{,}438^{*}\ (\text{Position_extérieur}) + 0{,}833^{*}\ (\text{Dépenses_publiques})\end{aligned} \tag{11}$$

Pour les pays à régime de change flexible:

$$\text{BEER2}_{\text{calculé}} = 0{,}632*\text{ouverture} + 0{,}327*\ (\text{termes_de_l'échange}) + 2{,}233*\ (\text{Productivité_relative}) + 0{,}764*\ (\text{Dépenses_publiques}) \quad (12)$$

Les calculs de ces équilibres de long terme ont permis de générer une série de données sur le taux de change d'équilibre ainsi que ses désalignements. La formule du calcul des écarts du TCER par rapport à son équilibre de long terme appelé désalignement s'écrit:

$$\text{Desal} = \text{Tcer}_{\text{calculé}} - \text{Tcer}_{\text{obs}} = \text{BEER}_{\text{estimé}} - \text{Tcer}_{\text{obs}} \quad (13)$$

Avec Desal = la valeur des désalignements du taux de change.

Pour la détermination des sous-évaluations et surévaluations, il est d'abord proposé une variable *dummy* D avec:

$$D = \begin{cases} 1 \text{ si DESAL} > 0 \\ 0 \text{ sinon} \end{cases}$$

Avec DESAL le taux de désalignement calculé.

Ensuite il est proposé une variable Over = DESAL*D pour capter les surévaluations du TCER. En fin, il est proposé une variable Under = DESAL* (1-D) pour capter les sous-évaluations du TCER.

$$\begin{cases} \text{Over} = \text{DESAL}*D \\ \text{Under} = \text{DESAL}*(1-D) \end{cases}$$

En appliquant ces formules après l'obtention de l'output (BEER) issu des régressions économétriques par le modèle ARDL, les résultats auxquels nous sommes parvenus sont présentés dans le point ci-après.

4.3 EVOLUTION DES ALIGNEMENTS/DÉSALIGNEMENTS DU TCER PAR RAPPORT À SON ÉQUILIBRE

Les résultats issus des calculs des alignements/désalignements du TCER par rapport à son niveau d'équilibre de long terme sont présentés dans les figures (1) et (2) ci-dessous. En effet, Il y a désalignement du TCER lorsque la courbe DESAL est au-dessus (surévaluation) ou en deçà (sous-évaluation du TCER) de la ligne médiane (tcerEquil) en zéro qui représente la situation d'équilibre du TCER à long terme. Conformément aux analyses sur les fondamentaux du TCER, nous présentons l'évolution des alignements/désalignements de celui-ci par rapport à son équilibre en distinguant les pays à régime de change fixe dans la Figure 1 à ceux de régime de change flexible dans la figure 2.

D'un point de vue d'ensemble, les figures (1) et (2) montrent qu'il existe plus de déséquilibres du TCER dans les pays à régime de change fixe que ceux de change flexible exception faite des Iles des Comores et la Guinée où leur TCER connait une forte variabilité par rapport à leur équilibre de long terme.

Cependant, la plupart des pays n'ont réalisé des sous-évaluations continues sur une période de plus de trois ans. Cela témoigne de l'absence d'une politique volontariste de sous-évaluation continue de la part des autorités de ces pays pour soutenir les exportations. Du reste, ces écarts du taux de change sous-évalué ne sont pas assez importants à même d'assoir une forte dynamique de long terme du TCER.

4.3.1 EVOLUTION DES ALIGNEMENTS/DÉSALIGNEMENTS DU TCER EN RÉGIME DE CHANGE FIXE

La figure 1 ci-dessous présente l'évolution du TCER par rapport à son niveau d'équilibre de long terme des 14 pays d'ASS ayant adopté un régime de change fixe sur la période 1998-2018. Globalement, l'on constate sur cette figure que les TCER de ces 14 pays se sont écartés de leur niveau d'équilibre de long terme c'est-à-dire qu'il existe tantôt des surévaluations, tantôt des sous-évaluations de celui-ci mais, l'ampleur de ces écarts dépend d'un pays à l'autre.

La plupart des pays de la « Zone Franc » notamment le Burkina Faso, la république Centrafricaine, la Côte d'Ivoire, le Cameroun, le Gabon, le Congo, le Mali, le Niger, le Sénégal et le Togo ont connu des écarts assez importants de leur TCER par rapport au niveau

d'équilibre de long terme mais que ces écarts sont parfois volatiles. Ce résultat corrobore avec ceux trouvés par Owoundi (2015), et Nubukpo (2017) qui trouvent qu'il existe d'importants écarts du taux de change effectif réel par rapport à son équilibre de long terme dans les pays à régime de change fixe et surtout pour les pays de la Zone Franc. Ce résultat implique que les pays de la Zone Franc ont ancré leur monnaie, le Franc CFA, à une monnaie plus forte, l'Euro. Ainsi, les TCER des pays de la Zone Franc auront tendance à suivre une trajectoire différente à celle guidée par les fondamentaux des économies de cette zone.

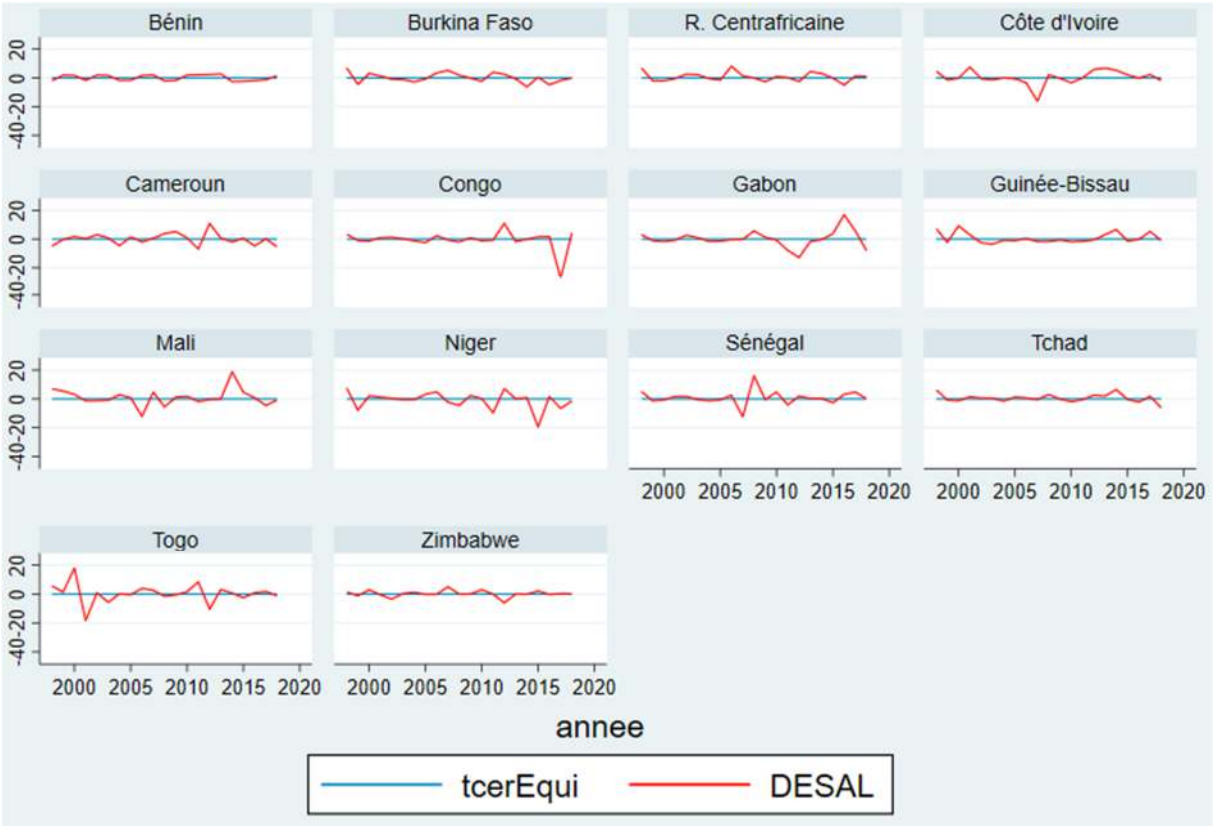


Fig. 1. Evolution des alignements/désalignements TCER en régime de change fixe

Source: Auteur à partir des estimations su STATA

Cependant, les pays comme le Bénin, le Tchad et dans une moindre mesure le Zimbabwe, ont leur TCER qui sont proche de la valeur d'équilibre de long terme sur la même période laissant penser à une politique de change strictement autre que la promotion des exportations. L'exemple de l'essor économique de la Chine, rappelons-le, montre cependant la place importante de la politique de change dans le processus de développement industriel. Ces pays devraient donc adopter une politique de change volontariste et favorable à l'expansion des exportations et à l'essor économique comme le suggère Rodrik (2008).

En somme, il ressort de l'analyse de la figure (1) que les taux de change effectif réel des pays d'ASS ayant adopté un régime de change fixe sont dans leur globalité désalignés sur la période 1998-2018 c'est-à-dire qu'ils sont tantôt sous-évalués, tantôt surévalués. Cependant, il existe des disparités importantes entre les pays en termes de comportement du taux de change par rapport à son niveau de long terme. En effet, quelques pays ont enregistré un TCER proche de l'équilibre de long terme tandis que la majorité des pays ont connu des désalignements assez importants sur la période. Quoiqu'il en soit, ces résultats montrent clairement que la gestion du taux de change semble n'est pas être maitrisée ou qu'elle n'est pas en faveur d'une politique de promotion des exportations. De ce fait, il est impératif pour ces pays d'adopter une bonne gestion de taux de change en optant pour des sous-évaluations c'est-à-dire des dévaluations consécutives afin de favoriser l'essor du secteur des exportations.

4.3.2 EVOLUTION DES ALIGNEMENTS/DÉSALIGNEMENTS DU TCER EN RÉGIME DE CHANGE FLEXIBLE

Au niveau du groupe de change flexible, la figure 1-2 ci-dessous montre que les pays ont enregistré un TCER assez proche de l'équilibre à l'exception de quelques pays. En effet, les pays comme les Iles des Comores, la Guinée et dans une moindre mesure la Gambie et le Kenya ont enregistré des variations assez importantes de leur TCER par rapport au niveau d'équilibre de long terme. Un

autre constat est que ces pays ont réalisé par moment de forte surévaluation de TCER par rapport aux sous-évaluations qui sont restées par moment proche de l'équilibre. Un tel résultat n'est pas en adéquation avec ceux trouvés par Owoundi (2015) et Dubas (2009) qui trouvent que les pays qui ont adopté un régime de change flexible connaissent moins de désalignement du taux de change.

Ce résultat contre-intuitif nous amène à noter comme Nubukpo (2017) deux (02) remarques importantes et cela au regard du rôle de stabilisateur automatique que joue la banque centrale face aux déséquilibres du taux de change dans le cas des pays à régime de change flexible:

(i) Les pays comme les Iles des Comores, la Guinée, la Gambie et le Kenya ayant adopter un régime de change flexible semblent pratiquer dans les faits un régime de change contraire ceux déclarés officiellement
(ii) Ces pays n'arrivent pas à faire valoir leur arme de stabilisateur automatique

En revanche, les pays comme, l'Angola, le Burundi, la RD Congo, le Botswana, Ghana, le Cap Vert, l'Eswatini, le Malawi, etc. ont leur taux de change effectif réel proche à l'équilibre de long terme. Ce résultat, conforme à ceux trouvés par Owoundi (2015) et Dubas (2009), montre que les pays à régime de change flexible sont plus efficaces en matière de limitation des désalignements de taux de change. Cependant, avoir un taux de change aligné à son niveau d'équilibre de long terme, bien qu'il permet d'éviter les distorsions du taux de change, n'est pas favorable pour les entreprises exportatrices. Effet, une politique volontariste de garder le taux de change à un niveau sous-évalué permet de promouvoir les exportations et attirer les investisseurs étrangers. Il est également important pour les pays d'ASS à régime de change flexible d'adopter des politiques de sous-évaluations consécutives de leurs taux de change afin de promouvoir les exportations.

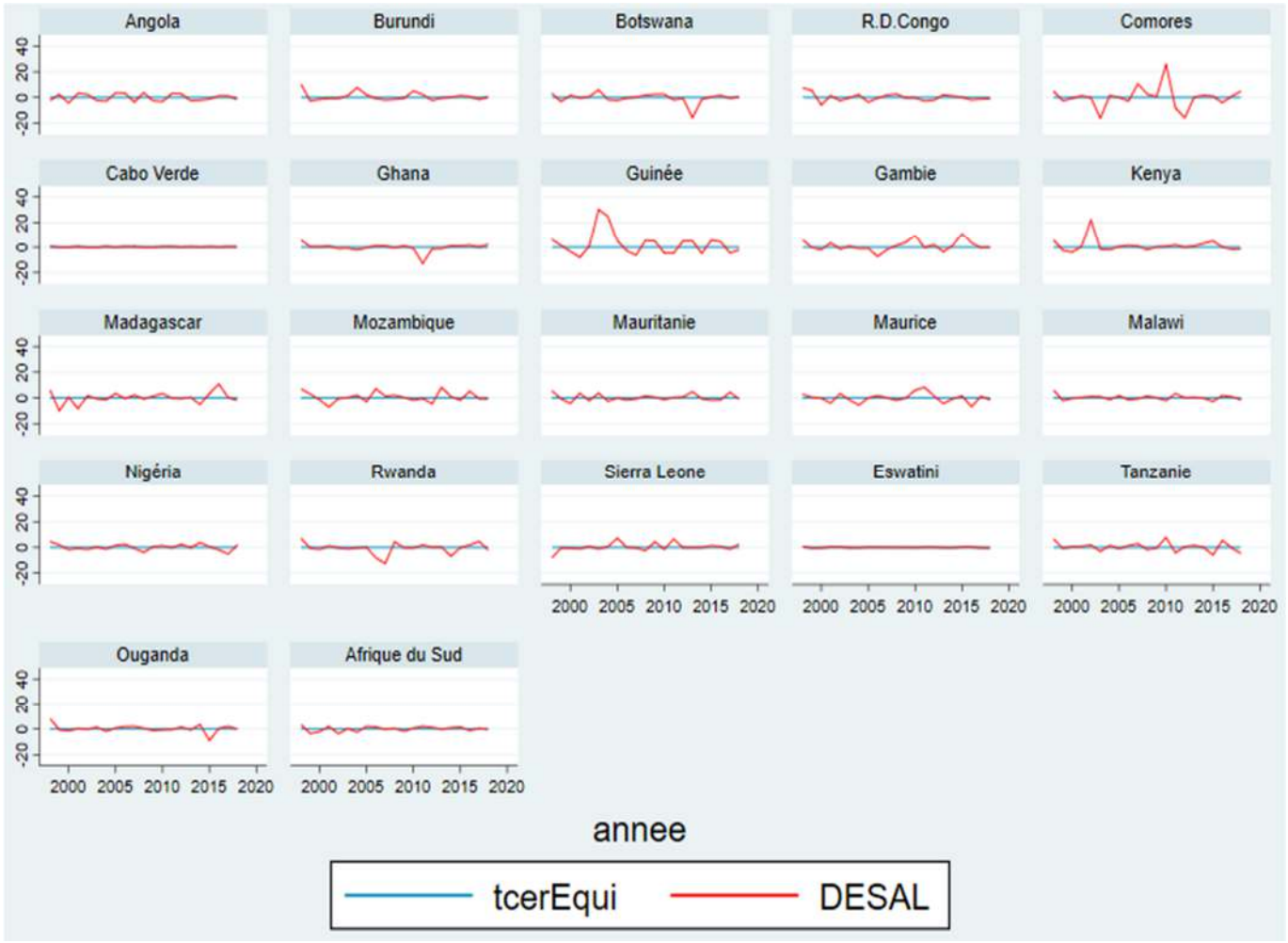


Fig. 2. Evolution des alignements/désalignements TCER en régime de change flexible

Source: Auteur à partir des estimations su STATA

En somme, il ressort de la figure (1.2) que les pays d'ASS qui ont adopté le régime de change flexible ont tendance à avoir un TCER moins désalignés exceptés quelques pays dont leur TCER ont connu des écarts importants par rapport à l'équilibre de long terme. Tout comme dans le régime de change fixe, les pays en régime de change flexible ont intérêt à adopter une bonne gestion du taux de change notamment des sous-évaluations pour favoriser leur essor économique comme le suggère Rodrik (2008). Vue que certains pays ont tendance à adopter un régime de change contraire à ceux déclarés officiellement, ils sont donc encouragés à adopter des sous-évaluations consécutives afin de promouvoir les exportations.

Après le calcul des alignements/désalignements du taux de change effectif réel, les données issues des deux groupes de panels sont compilées pour constituer une série de données sur les périodes qui part de 1998 à 2018. En outre, deux autres séries ont été générées à partir de la première en illustrant une variable sous-évaluation qui capte toutes les valeurs négatives de série de désalignement et une autre qui capte les valeurs positives de ladite série sur la période.

5 CONCLUSION ET IMPLICATIONS DE POLITIQUES ÉCONOMIQUES

L'objectif de cet article était d'analyser la nature du désalignement du taux de change en comparant son amplitude suivant les deux régimes de change. Pour ce faire, nous avons utilisé le modèle de taux de change d'équilibre comportemental (BEER) pour l'estimation du taux change effectif réel d'équilibre à l'aide de l'estimateur PMG du modèle ARDL sur un panel de 36 pays d'ASS et sur la période 1998-2018. Les estimations du comportement du TCER par rapport à ses fondamentaux à l'aide de l'estimateur PMG ont été réalisées suivant deux dimensions d'analyses. La première dimension (verticale) sépare les relations de courts termes des relations de long terme tandis que la deuxième dimension (horizontale) prend en compte les questions d'hétérogénéité entre les pays selon le type de régime de change que chacun a adopté. De ce fait, le problème d'hétérogénéité liées au type de régime de change est résolu en décomposant le panel d'ensemble en deux sous-groupes de panels. Le premier panel regroupe les pays à régime de change fixe et le second regroupe ceux de change flexible.

A l'issue des estimations économétriques, les résultats confirment que les deux sous-panels ne sont pas homogènes au regard de la différence observée entre les coefficients des variables dans chaque sous-groupe et vis-à-vis du panel d'ensemble. Globalement, les résultats obtenus sont cohérents avec nos attentes théoriques aussi bien dans le groupe d'ensemble que dans les deux panels. Ce sont la productivité relative, les termes de l'échange, les dépenses publiques, le taux d'ouverture et la position extérieure qui constituent les fondamentaux du taux de change effectif réel des 36 pays d'ASS sur la période 1998-2018.

Cependant, l'on constate une différence notable entre les deux sous-panels. En régime de change fixe, ce sont la productivité relative, les termes de l'échange, les dépenses publiques et la position extérieure qui constituent les fondamentaux du taux de change effectif. Mais, dans les pays à régime de change flexible, ce sont la productivité relative, les termes de l'échange, les dépenses publiques et le taux d'ouverture qui constituent les fondamentaux du taux de change effectif réel.

En outre, les résultats du calcul des écarts du TCER par rapport à son équilibre de long terme montrent qu'il existe des désalignements du taux de change dans les économies d'ASS. A ce niveau encore, ces désalignements sont plus remarquables dans les pays à régime de change fixe par rapport à ceux de change flexible. Il ressort des analyses que les taux de change effectif réel des pays d'ASS ayant adopté un régime de change fixe sont dans leur globalité désalignés et qu'il existe des disparités importantes entre les pays. Seulement quelques pays ont enregistré un TCER proche de l'équilibre de long terme tandis que la majorité des pays ont connu des désalignements assez importants sur la période. Ces résultats montrent clairement que la gestion du taux de change semble n'est pas être maitrisée ou qu'elle n'est pas en faveur d'une politique de promotion des exportations. De ce fait, il est impératif pour ces pays à régime de change fixe d'adopter une bonne gestion de taux de change en optant pour des sous-évaluations c'est-à-dire des dévaluations consécutives afin de favoriser l'essor du secteur des exportations.

Quant aux pays qui ont adopté le régime de change flexible, ils ont tendance à avoir un TCER moins désalignés. Cependant, certains pays comme les Iles des Comores, la Guinée, la Gambie et le Kenya ont connu des écarts importants de leur TCER par rapport à son équilibre de long terme. Un tel résultat contre-intuitif montre que ces pays semblent pratiquer dans les faits un régime de change contraire à ceux déclarés officiellement et/ou qu'ils n'arrivent pas à faire valoir leur arme de stabilisateur automatique. De ce fait, tout comme dans le régime de change fixe, les pays en régime de change flexible ont intérêt à adopter une bonne gestion du taux de change notamment des sous-évaluations pour favoriser leur l'essor économique. Vue que certains pays ont tendance à adopter un régime de change contraire à ceux déclarés officiellement, ils sont donc encouragés à adopter des sous-évaluations consécutives afin de promouvoir les exportations, toute chose qui ne favorise pas le développement industriel.

Cependant, la seule adoption de politique de change en faveur des exportations n'est pas suffisant pour accélérer le développement industriel des économies africaines. Certaines conditions préalables tel le développement du tissu économique sont primordiales. Les sous-évaluations du taux de change n'ont de véritables effets escomptés que s'il existe de tissu économique capable de produire en qualité et en quantité suffisante. Ainsi, l'insertion des pays d'ASS dans le commerce mondial passera nécessairement par le

développement d'un système de production manufacturière, massive et capable de concurrencer les entreprises asiatiques telle que celles de la Chine.

De ce fait, les investissements directs étrangers qui constitue l'un des puissants déterminants du développement industriel, semblent être le facteur qui puissent favoriser efficacement le développement du tissu économique des pays d'ASS. Or, les pays d'ASS sont reprochés de leur faible capacité d'attirer les investisseurs étrangers. Une analyse des déterminants des investissements directs étranger en ASS permettra de montrer le rôle que joue la nature du désalignement du taux de change dans l'attraction des investisseurs étrangers. Une telle analyse permettra de comprendre davantage l'importance d'une bonne gestion du taux de change dans l'explication du développement économique de nos nations.

REFERENCES

[1] Aizenman, J., & Frenkel, J. (1985). Optimal wage indexation, foreign exchange intervention, and monetary policy. *The American Economic Review; Vol. 75, No. 3,* P. 402-423; https://www.jstor.org/stable/1814808.

[2] Allegret, J., & Sallenave, A. (2014). The impact of real exchange rates adjustments on global imbalances: A multilateral approach. *Economic Modelling; Vol. 37,* P. 149-163; DOI: https://doi.org/10.1016/j.econmod.2013.10.022.

[3] Artis, M., & Taylor, M. (1993). The stabilizing effect of the ERM on exchange rates and interest rates: An empirical investigation. International Monetary Fund: IMF Working Papers, WP/94/29.

[4] Baffes, J., Elbadawi, I. A., & O'Connell, S. A. (1997). Single-equation estimation of the equilibrium real exchange rate (No. 1800). The World Bank.

[5] Balassa, B. (1964). The purchasing-power parity doctrine: a reappraisal. Journal of political Economy, Vol. 72, N° 6, P. 584-596. Doi: https://www.journals.uchicago.edu/doi/abs/10.1086/258965.

[6] Berka, M., Devereux, M. B., & Engel, C. (2018). Real exchange rates and sectoral productivity in the eurozone. *American Economic Review; Vol. 108, N°6,* P. 1543-81. DOI: 10.1257/aer.20151045.

[7] Black, S. (1977). Floating exchange rates and national economic policy. *Yale University Press*.

[8] Borowski, D., & Couharde, C. (2000). Euro, dollar, yen: pour une approche multilaterale des taux de change d'equilibre. *Revue économique; Vol. 51, N° 3,* P. 671-681; DOI: 10.2307/3503154.

[9] Camara, Y. S. (2015). *Régimes de change et performances économiques en Afrique Sub-saharienne.* Economies et finances. Université Nice Sophia Antipolis: HAL Id: tel-01135963.

[10] Cassel, G. (1916). The present situation of the foreign exchanges. *Wiley on behalf of the Royal Economic Society; Vol. N° 26 (101),* P. 62-65; DOI: 10.2307/2222038; https://www.jstor.org/stable/2222038.

[11] Clark, P., & MacDonald, R. (1999). Exchange rates and economic fundamentals: a methodological comparison of BEERs and FEERs. *Equilibrium exchange rates, Vol. 69,* P. 285-322, DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-011-4411-7_10.

[12] Clark, P., & MacDonald, R. (2004). Filtering the BEER: A permanent and transitory decomposition. *Global Finance Journal; Volume 15, N°1,* P. 29-56; DOI: https://doi.org/10.1016/j.gfj.2003.10.005.

[13] Clostermann, J., & Schnatz, B. (2000). The determinants of the euro-dollar exchange rate-Synthetic fundamentals and a non-existing currency. *Deutsche Bundesbank Working Paper No. 02/00,* P. 1-34; DOI: http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.229472.

[14] Couharde, C., Delatte, A. L., Grekou, C., & Mignon, V. (2018). EQCHANGE: A world database on actual and equilibrium effective exchange rates. *International Economics; Vol. 156,* P. 206-230; DOI: https://doi.org/10.1016/j.inteco.2018.03.004.

[15] Devarajan, S. (1997). Real exchange rate misalignment in the CFA zone. *Journal of African Economies; Vol. 6, N°1,* P. 35–53; DOI: https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jae.a020922.

[16] Diallo, I. A. (2015). *Exchange rates policy and productivity.* Clermont-Ferrand: Thèse en Economies and finances. Universit´e d'Auvergne.

[17] Diop, M. G., & Niang, B. B. (2018). L'impact des déséquilibres du taux de change réel sur la performance du secteur manufacturier au Sénégal. *Revue d'économie du développement; Vol. 26, N°1,* P. 107 à 138; DOI: https://doi.org/10.3917/edd.321.0107.

[18] Dubas, J. M. (2009). The importance of the exchange rate regime in limiting misalignment. *World Development. Vol. 37, N° 10,* p. 1612-1622. DOI: https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2009.02.003.

[19] Dufrénot, G., Lardic, S., Mathieu, L., Mignon, V., & Péguin-Feissollee, A. (2008). Explaining the European exchange rates deviations: Long memory or non-linear adjustment? *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money; Vol. 18, N°3,* P. 207-215; DOI: https://doi.org/10.1016/j.intfin.2006.09.004.

[20] FMI, Fonds Monétaire interntion. (2020). Annual report on exchange arrangements and exchange restrictions 2019. Washington, DC: IMF.

[21] Friedman, M. (1953). The Case for Flexible Exchange Rates, in Milton Friedman ed. Essay in Positive Economics. Chicago: University of Chicago Press.

[22] Grekou, C. (2015). Revisiting the nexus between currencymisalignments and growth in the CFA Zone. *Economic Modelling - Vol. N°45 - Elsevier,* P. 142-154; https://doi.org/10.1016/j.econmod.2014.11.015.

[23] Helpman, E. (1981). An exploration in the theory of exchange-rate regimes. *Journal of political economy; Vol. 89, N° 5,* P. 865-890. DOI: https://doi.org/10.1086/261011.

[24] Iimi, A. (2006). Exchange Rate Misalignment: An Application of the Behavioral Equilibrium Exchange Rate (BEER) to Botswana. *IMF Working Papers; Vol. 2006/140,* P. 1-31; DOI: http://dx.doi.org/10.5089/9781451864007.001.

[25] Joly, H., Prigent, C., & Sobczak, N. (1996). Le taux de change réel d'équilibre: une introduction. *Économie & prévision, Économie des taux de change. n°123-124,* P.1-21.

[26] Keynes, J. (1923). *Social Consequences of Changes in the Value of Money.* Manchester Guardian Commercial Supplement, Reconstruction in Europe: Reprise par Palgrave Macmillan, London en 2010; DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-349-59072-8_7.

[27] Lane, P. R., & Milesi-Ferretti, G. M. (2004). The transfer problem revisited: Net foreign assets and real exchange rates. *Review of Economics and Statistics; Vol. 86, N° 4,* P. 841- 857; DOI: https://doi.org/10.1162/0034653043125185.

[28] Lapan, H., & Enders, W. (1980). Random disturbances and the choice of exchange regimes in an intergenerational model. *Journal of International Economics. Vol. N° 10 (2),* P. 263-283; DOI: https://doi.org/10.1016/0022-1996 (80) 90058-6.

[29] Maddala, G., & Wu, S. (1999). A comparative study of unit root tests with panel data and a new simple test. *Oxford Bulletin of Economics and statistics, Vol. N°61 (1),* P. 631- 652; https://doi.org/10.1111/1468-0084.0610s1631.

[30] Montiel, P. (2007). Equilibrium real exchange rates, misalignment and competitiveness in the Southern Cone. *Macroeconomía del Desarrollo 62, Naciones Unidas Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).,* Disponible à: https://ideas.repec.org/p/ecr/col037/5430.html.

[31] Mourad, M. (2015). Le mésalignement du taux de change réel du dinar algérien, thèse de doctorat en économie. Université Abou bakr BELKAID de Tlemcen, Algérie.

[32] Mulder, N., & Baldi, A. L. (2004). The Impact of Exchange Rate Regimes on Real Exchange Rates: ABC and Mexico in the 1990s. *Econometric Society 2004 Latin American Meetings 45, Econometric Society*
Disponible à: https://ideas.repec.org/p/ecm/latm04/45.html.

[33] Nubukpo, K. K. (2017). Misalignment of exchange rates: What lessons for growth and policy mix in the WAEMU? GEG Working Paper, N°126, Doi: https://www.econstor.eu/bitstream/10419/196384/1/GEG-WP-126.pdf.

[34] Obstfeld, M., & Rogoff, K. (1998). Risk and exchange rates. *NBER Working Paper No. 6694,* P. 1-49; DOI: 10.3386/w6694.

[35] Owoundi, F. (2015). Mésalignements du taux de change et croissance économique en Afrique subsaharienne Thèse Sciences économiques. Poitiers: Université de Poitiers; http://theses.univ-poitiers.fr.

[36] Pedroni, P. (1999). Critical values for cointegration tests in heterogeneous panels with multiple regressors. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics, Vol. N°61 (1),* P. 653-670; doi: 10.1111/1468-0084.0610s1653.

[37] Pesaran, H. (2003). A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. *Cambridge Working Papers in Economics 0346, Faculty of Economics, University of Cambridge,* P. 265-312; https://doi.org/10.1002/jae.951.

[38] Pesaran, M., & Smith, R. (1995). Estimating long-run relationships from dynamic heterogeneous panels. *Journal of econometrics, Elsevier; Vol. N°68 (1),* P. 79-113; https://doi.org/10.1016/0304-4076 (94) 01644-F.

[39] Pesaran, M., Shin, Y., & Smith, R. (1999). Pooled Mean Group Estimation of Dynamic Heterogeneous Panels. *Journal of the American Statistical Association, Vol. 94 (446),* P. 621-634. doi: 10.2307/2670182.

[40] Razmi, A., Rapetti, M., & Skott, P. (2012). The real exchange rate and economic development. *Structural Change and Economic Dynamics; Vol. N° 23 (2),* P. 151-169; https://doi.org/10.1016/j.strueco.2012.01.002.

[41] Reinhart, C., & Rogoff, K. (2004). The modern history of exchange rate arrangements: a reinterpretation. *The Quarterly Journal of Economics, Vol. N°119 (1),* P. 1-48; https://doi.org/10.1162/003355304772839515.

[42] Rodrik, D. (2008). The real exchange rate and economic growth. *Brookings papers on economic activity; Washington N° 2,* P. 365-412; https://www.jstor.org/stable/27720404.

[43] Salter, W. E. (1959). Internal and external balance: the role op price and expenditure effects. *Economic Record, Vol. 35,* P. 226-238.

[44] Stein, J. (1995). The natural real exchange rate of the United States dollar, and determinants of capital flows; In Fundamental Determinants of Exchange Rates. Oxford: Clarendon Press.

[45] Swan, T. W. (1960). Economic control in a dependent economy. *Economic Record, Vol. 36, N° 73,* P. 51-66 DOI: https://doi.org/10.1111/j.1475-4932.1960.tb00493.x.

[46] Usupbeyli, A. (2011). Survol de la Littérature sur les Modèles de Taux de Change d'Equilibre: Aspects Théoriques et Discussions Comparatives. *Cilt 66, N° 4,* P. 125 - 152; DOI: 10.1501/SBFder_0000002234.

[47] Williamson, J. (1985). *The Exchange The Exchange Rate System.* Washington: Institute for Interna- tional Economics.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 4 Jun. 2023, pp. 1680-1691
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Modélisation de l'estimation a l'exposition du risque à certains germes pathogènes dans le foutou banane vendu dans trois lieux de restauration collective dans la ville de Yamoussoukro par la méthode de Monte Carlo

[Modeling of the estimation of the risk exposure to certain pathogenic germs in banana foutou sold in three collective catering establishments in the city of Yamoussoukro by the Monte Carlo method]

N'Guessan Verdier ABOUO[1-2], Kouassi Ernest KAKOU[1], Yevi Delphine N'GUESSAN[2], and Nogbou Emmanuel ASSIDJO[1]

[1]Laboratoire des Procédés Industriels de Synthèses de l'Environnement et des Energies Nouvelles (LAPISEN), INPHB BP 1093 Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

[2]Laboratoire de Biotechnologie Agriculture et Valorisation des Ressources Biologiques (LBAVRB), UFHB 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 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: Banana foutou is a food consumed in Côte d'Ivoire, particularly in the center of the country. It is made by hand and therefore presents enormous possibilities of contamination. The objective of this study is to determine the rates of non-compliance with standards and for certain pathogenic germs and to estimate the risk of exposure by the probabilistic Monte Carlo method. The results of the analyzes carried out on ninety (90) samples showed that thirty-nine (39) were of unsatisfactory microbiological quality (N > 3.10^5 CFU/g) i.e. a percentage of 43.33% due to the presence of GAM. Similarly, forty-five (45) were of unsatisfactory microbiological quality (N > 10 CFU/g), i.e. a percentage of 50% due to the presence of E. Coli. As for the total coliforms, 20% of the samples presented an unsatisfactory microbiological quality (N > 10^3 CFU/g) i.e. eighteen (18) samples. Finally, seventy-two (72) samples obtained amounts of *Clostridium perfringens* above the norm (N > 10^4 CFU/g), i.e. a rate of 80%. Regarding the level of exposure, the estimate is 45.50% risk of consuming foutou banana containing Total Coliform (TC) levels above the norm. Regarding E. coli, almost 90% possibility of consuming this dish with higher values in this area. The zero risk (0%) is practically zero for *Clostridium perfringens* because more than 99.99% of bad luck to consume this food with rates higher than its reference value.

KEYWORDS: Risk assessment, Banana foutou, Pathogenic germs, Monte Carlo method.

RESUME: Le foutou banane est un aliment consommé en Côte d'Ivoire particulièrement au centre du pays. Il se confectionne de façon manuelle et de ce fait présente d'énormes possibilités de contamination. L'objectif visé par cette étude est de déterminer les taux de non-conformité aux normes et pour certains germes pathogènes et d'en estimer le risque à l'exposition par la méthode probabiliste de Monte Carlo. Les résultats des analyses effectuées sur quatre-vingt-dix (90) échantillons ont montré que trente-neuf (39) ont été de qualité microbiologique non satisfaisantes (N > 3.10^5 UFC/g) soit un pourcentage de 43,33% due à la présence de GAM. De même, quarante-cinq (45) ont été de qualité microbiologique non satisfaisant (N > 10 UFC/g) soit un pourcentage de 50% due à une présence d'E. *Coli*. Quant aux coliformes totaux, 20% des échantillons ont présenté une qualité microbiologique non satisfaisantes (N > 10^3 UFC/g) soit dix-huit (18) échantillons. Enfin, soixante-douze (72) échantillons ont obtenu des quantités de *Clostridium perfringens* supérieures à la norme (N > 10^4 UFC/g) soit un taux de 80%. Pour ce qui est du niveau d'exposition, l'estimation est de 45,50% de risques de consommer du foutou banane contenant des taux en Coliforme Totaux (CT) au-delà de la norme. Concernant les E. *coli,* près de 90% de possibilité de consommer cet

aliment avec des valeurs supérieures en la matière. Le risque zéro (0%) est pratiquement nul pour ce qui des *Clostridium perfringens* car plus de 99,99% de malchance de consommer cet aliment avec des taux supérieurs à sa valeur de référence.

MOTS-CLEFS: Evaluation des risques, Foutou banane, Germes pathogènes, Monte Carlo.

1 INTRODUCTION

Il est établi un lien étroit entre l'alimentation et la santé [23]. Une bonne alimentation, saine et équilibrée est gage de santé. A cet effet, plusieurs facteurs pourraient influencer notre santé à savoir, l'hérédité, l'environnement, le stress, le tabac, les soins auxquels nous avons accès, les styles de vie mais aussi nos modes de consommation alimentaire [24]. Le lien entre la nutrition et la santé est une évidence tant il est vrai qu'une alimentation équilibrée est un réel facteur de prévention des maladies cardio-vasculaires, de certains cancers, de l'obésité et des maladies de carence, des intoxications. Les intoxications d'origine alimentaire sont à l'origine de nombreuses maladies qui posent un problème de santé publique [21]. En effet, elles constituent une cause importante de mortalité ([21], [8]). Ces maladies sont causées généralement par des parasites et/ou des bactéries. Ces derniers se retrouvent dans les aliments cuisinés dans les restaurants en raison, généralement, d'une mauvaise hygiène alimentaire et en particulier, au cours de la mauvaise manipulation des denrées alimentaires par le personnel du restaurant. L'incidence de ces maladies s'accroît avec le développement de la restauration collective, liée à l'obligation d'une alimentation hors foyer. Celle-ci résulte de l'urbanisation et de l'industrialisation accrue, ainsi que du développement du tourisme et des voyages [9]. Ainsi, pour préserver la santé des populations plusieurs institutions veillent et s'assurent de la qualité sanitaire des produits mis à la disposition des populations au moyen de l'outil qu'est l'analyse des risques ([4], [5]). L'analyse des risques est en plein essor dans tous les domaines d'activités ([27], [3]). Particulièrement, lorsqu'il s'agit de l'alimentation humaine qui est étroitement liée à la santé. Cette importante thématique est largement développée en Europe mais l'est très peu en Afrique notamment en République de Côte d'Ivoire. Dans cette région d'Afrique de l'Ouest, de nombreuses personnes se nourrissent dans les lieux de restaurations collectives. Endroits où de fois les règles d'hygiène sont très peu suivies [14]. La ville de Yamoussoukro est une parfaite illustration car elle regorge d'innombrables lieux de restauration collective dû à une forte urbanisation. Plusieurs denrées sont proposées dans ces lieux. Certains aliments servent à accompagner d'autres de ce fait sont de grande consommation [2]. Ce sont: le riz, l'attiéké, le foutou banane, etc. Ce dernier retient particulièrement notre attention car de confection manuelle qui exige une manipulation directe avec les mains est suivi de sa consommation directe. Ainsi, ce mets pourrait être assujetti à la contamination de germes d'origine fécale tels que les coliformes, les entérocoques, les germes indicateurs d'une contamination tellurique comme les anaérobies sulfito-réducteurs et les germes ubiquitaires et d'origine humaine ou animale ([15], [10]). Le principal objectif de ce travail est d'estimer l'exposition à certains agents biologiques dont les GAM, Coliformes totaux, *Escherichia coli* et *Clostridium perfringens.* Les objectifs spécifiques poursuivis dans cette étude sont:

- Échantillonner dans trois (3) lieux de restaurations collectives,
- Rechercher et quantifier les germes aérobies mésophiles (GAM), coliformes totaux, *Escherichia coli* et *Clostridium perfringens* dans les échantillons prélevés,
- Estimer le risque de l'exposition des populations cibles

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MATÉRIEL BIOLOGIQUE ET ZONE DE L'ÉTUDE

Le matériel de travail était constitué de 90 (30 X 3) échantillons de foutou banane achetés et prélevés de manière stérile dans trois (3) lieux de restauration collective (très fréquenté) de la ville de Yamoussoukro (capitale politique de la Côte d'Ivoire) courant le mois de septembre 2022. La Figure 1 ci-dessous en est une illustration.

Fig. 1. Echantillon de "Foutou banane"

Source: nos travaux

2.2 MÉTHODES

2.2.1 ECHANTILLONNAGE

Les achats journaliers (vers 11H) des échantillons se sont effectués sur la période du 01 au 30 Septembre 2022. Ces échantillons ont été ramenés au laboratoire dans des glacières, contenant des carboglaces. Avant leur analyse, la pesée des masses des différents échantillons a été effectuée afin de constituer des échantillons moyens (30) journalier [7].

2.2.2 PRÉPARATION DES MILIEUX DE CULTURE

Trois milieux de culture ont permis d'évaluer la qualité sanitaire du foutou banane. Ce sont:

- Plate Count Agar (PCA) pour les germes aérobies mésophiles (GAM);
- Lactosée Biliée au Cristal Violet et au Rouge Neutre (VRBL) pour les coliformes totaux et *Escherichia coli* présumés;
- TSN: (Tryptone Sulfite Néomycine) pour le *Clostridium perfringens spp*

2.2.3 PRÉPARATION DE LA SOLUTION MÈRE ET DES DILUTIONS

Dix (10g) d'échantillon de Foutou banane ont été prélevés de façon aléatoire par petites portions sur la totalité de l'échantillon et mise dans quatre-vingt-dix (90) mL d'eau peptonée tamponnée préalablement stérilisée (solution mère, dilution 10^{-1}) et homogénéisé au stomacher. Par la suite, deux dilutions successives ont été réalisées. En effet, 1 mL de la dilution 10^{-1} est introduit dans un tube contenant 9 mL d'eau peptonée tamponnée; cela constitue la dilution 10^{-2}. Après homogénéisation au vortex la dilution 10^{-3} est réalisée à partir de la dilution 10^{-2} [7].

2.2.4 TECHNIQUE D'ENSEMENCEMENT ET INCUBATION

L'ensemencement en surface a été réalisé pour chaque échantillon. Cela a consisté à couler entre 12 et 15 mL de milieux de culture dans les boîtes de pétri de 90 mm de diamètre. Après solidification, 0,1 mL de chacune des dilutions (bien homogénéisée à l'aide d'un vortex) a été ensemencé par étalement. Les boites ont été par la suite incubées dans une étuve (Memmert), pour les *GAM* et *Coliformes totaux* à 37°C pendant 24 h et pour *Escherichia coli* présumés à 44°C pendant la même durée. Quant aux *Clostridium perfringens,* ils ont été incubés à 46 °C en condition d'anaérobiose ([7], [15]).

2.2.5 EXPRESSION DES RÉSULTATS

L'estimation de la population totale (N), exprimée en UFC.$g^{-1,}$ est calculée selon la norme ISO (NF ISO 7218/A1) [1]. La quantification des germes se détermine selon la formule ci-dessous. Pour ce faire ne retenir que les boites dont le nombre de colonies est compris entre 30 et 300 pour les GAM (ou entre 15 et 150 UFC/g d'aliment pour les autres germes).

$$N = \frac{\sum C}{V(n_1 + n_2)d}$$

Avec ∑C= somme des colonies comptées sur toutes les boîtes à la dilution retenue pour le comptage, V = volume de l'inoculum dans chaque boite (mL), n_1 = nombre de boîtes retenues à la première dilution, n_2 = nombre de boîtes retenues à la deuxième dilution, d = taux de dilution correspondant à la première dilution retenue.

2.2.6 EVALUATION DE L'EXPOSITION

Le foutou banane est consommé directement après sa confection. Il ne subit aucun autre type de processus. L'ingestion (**I**) dans ce cas de scénario a été d'établir une relation entre la quantité de l'aliment consommé et la quantité de micro-organisme dénombrée [3]. L'ingestion est donc le produit de la quantité d'aliment (**Q**) consommé par le nombre d'UFC de micro-organisme (**C**). L'équation suivante traduit bien cette relation:

$$\boldsymbol{I = C * Q}$$

2.2.7 ANALYSES STATISTIQUES

Les analyses statistiques ont été réalisées avec les logiciels Statistique 7.1 en ce qui concerne l'ajustement aux lois de distributions (Exponentiel, Normale et Uniforme) des variables et le logiciel MatLab R2016a a servi à la réalisation du programme qui implémenté a permis la mise en œuvre de la méthode de Monté Carlo pour l'estimation probabiliste du risque à l'exposition ([17], [2]).

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 RÉSULTATS

Les résultats de cette étude portent sur la détermination des quantités de contaminants biologiques (GAM, Coliformes totaux, *Escherichia coli* présumés et *Clostridium perfringens*) et la quantité d'aliment consommé appelés paramètres. Par la suite, chaque paramètre déterminé a été ajusté à la loi de distribution correspondante suivie de l'estimation à l'exposition par la méthode de Monté Carlo.

3.1.1 CONTAMINANTS MICROBIOLOGIQUES

3.1.1.1 GERMES AÉROBIES MÉSOPHILES (GAM)

La Figure 2 présente les taux de germes aérobies mésophiles (GAM) dénombrés dans les échantillons de "foutou banane". A l'analyse de cette figure, l'on constate que sur l'ensemble des échantillons prélevés, presque la moitié des échantillons ont une quantité en GAM supérieurs à la norme 3.10^5 UFC/g. (Jours: 1, 2, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28 et 30).

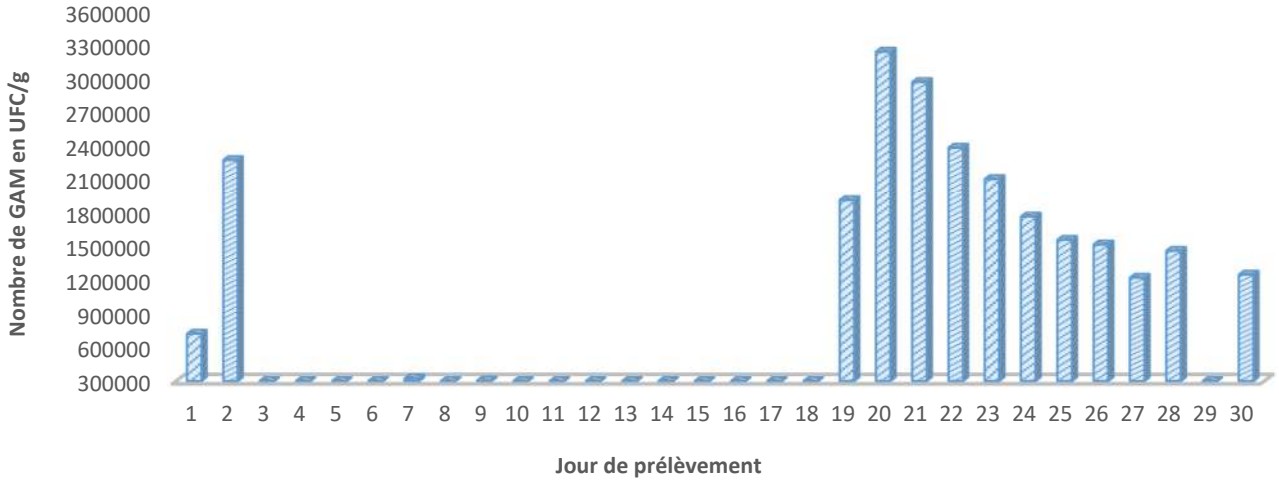


Fig. 2. Histogramme de la répartition du nombre d'UFC de GAM /g d'aliment

L'ajustement des données des quantités d'aliments consommés aux lois de probabilités permet d'obtenir le tableau 1. A l'analyse de celui-ci, les valeurs des paramètres Chi2 la plus faible est observée pour la distribution exponentielle avec la probabilité la plus importante (0,910). La valeur moyenne est de 851 503 UFC/g d'aliment.

Tableau 1. Paramètres d'ajustement aux distributions choisies des GAM

PARAMETRES	DISTRIBUTIONS		
	Normale	Exponentielle	Uniforme
Chi2	31,051	**3,102**	32,552
Probabilité	0,000	**0,910**	0,000

3.1.1.2 COLIFORMES TOTAUX

Les quantités de coliformes totaux dénombrés dans les échantillons sont mis en évidence à partir d'histogramme de la figure 3. En s'appuyant sur la valeur de référence de ce germe, pour six (18) échantillons, les taux obtenus sont non conformes (supérieurs à 10^3 UFC/g). (Jours: 9, 20, 21, 25, 27 et 28)

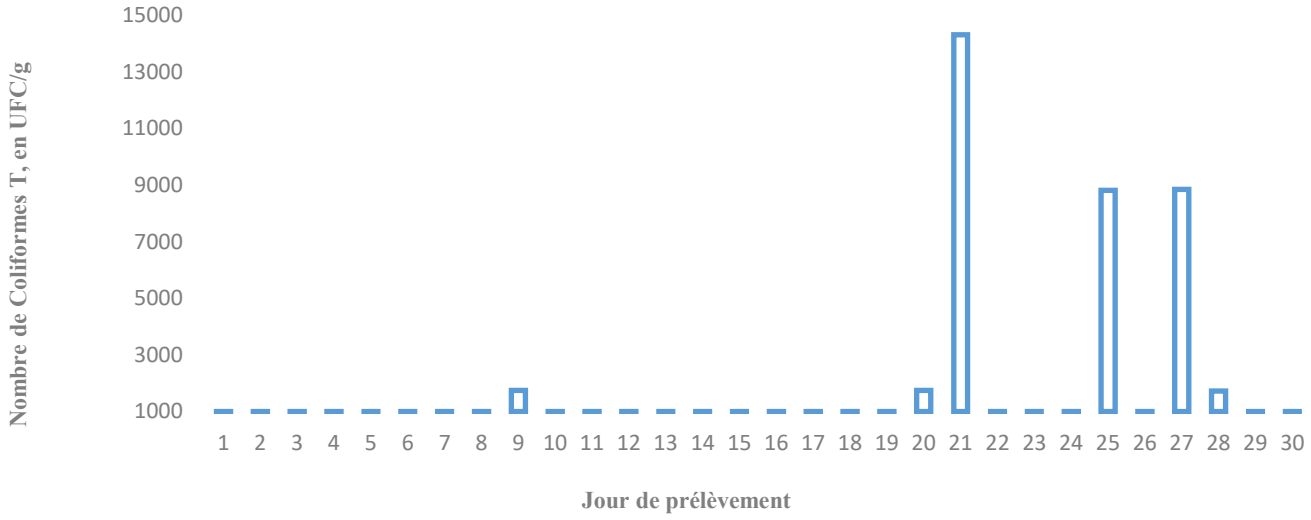


Fig. 3. Histogramme de la répartition du nombre d'UFC de Coliformes totaux /g d'aliment

L'exploitation des paramètres d'ajustement aux trois (3) lois de distributions utilisées pour l'étude montre que les valeurs des paramètres Chi2 la plus petite (1,463) et probabilité la plus grande (0,835) s'observent au niveau de la loi exponentielle dont la moyenne du taux de Coliformes totaux est de 1357 et exprimée en UFC/ g d'aliment.

Tableau 2. Paramètres d'ajustement aux distributions choisies de C.T

PARAMETRES	DISTRIBUTIONS		
	Normale	Exponentielle	Uniforme
Chi2	5,363	**1,463**	78,056
Probabilité	0,021	**0,835**	0,000

3.1.1.3 ESCHERICHIA COLI

Les résultats d'analyses effectuées révèlent que sur un total de quatre-vingt-dix (90) échantillons analysés, quarante-cinq (45) ont des taux en *Escherichia coli* supérieurs à 10 UFC/g d'échantillon de foutou banane. Ce sont les jours: 10, 11, 12,14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 25, 27, 28 et 29.

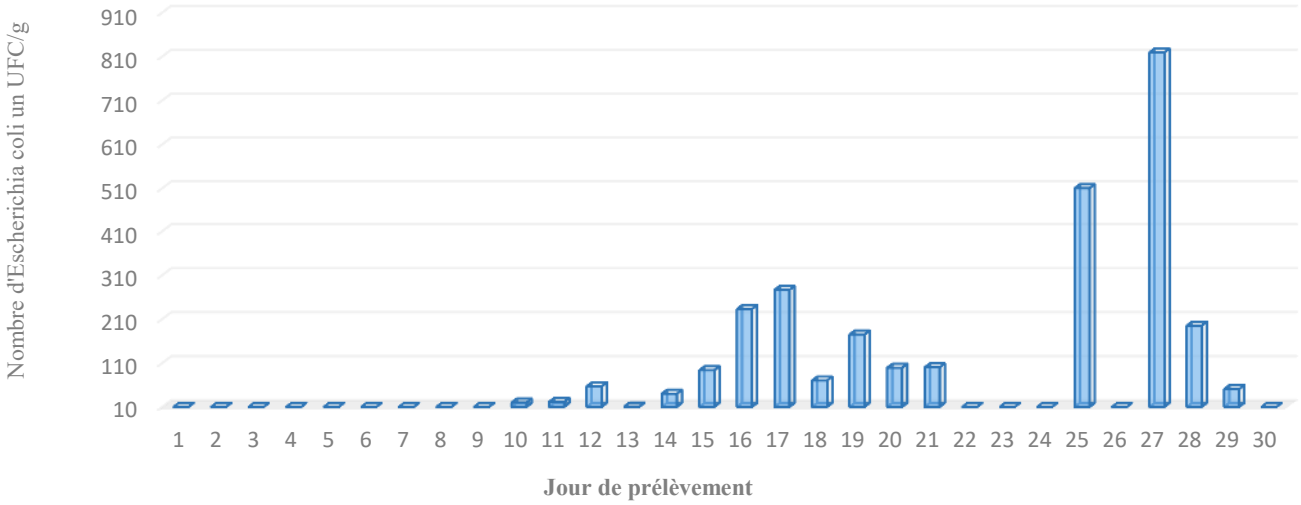


Fig. 4. Histogramme de la répartition du nombre d'UFC d'Escherichia coli /g d'aliment

Les données expérimentales des quantités d'aliments consommés ont été ajustées aux lois de distributions telles que consignées dans le tableau 3 dont l'analyse indique une valeur de probabilité plus élevée et un Chi2 le plus bas pour la distribution exponentielle de moyenne 93 UFC/g d'aliment.

Tableau 3. Paramètres d'ajustement aux distributions choisies d'E. coli

PARAMETRES	DISTRIBUTIONS		
	Normale	Exponentielle	Uniforme
Chi2	59,827	**2,333**	86,719
Probabilité	0,000	**0,952**	0,000

3.1.1.4 CLOSTRIDIUM PERFRINGENS

Les *Clostridium perfringens* ont été dénombrés dans les échantillons de foutou banane et les résultats présentés sous forme d'histogramme (Figure 5). En s'appuyant sur la valeur de référence de ce germe, pour soixante-douze (72) échantillons, les taux obtenus sont non conformes (supérieurs à 10^4 UFC/g) exceptés les jours: 22, 23, 24, 25, 26 et 27

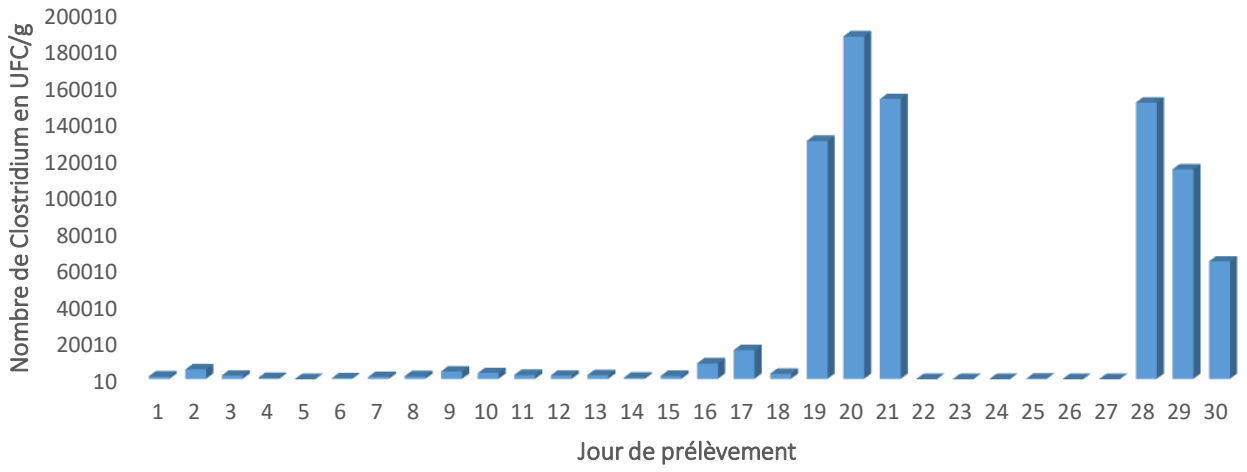


Fig. 5. Histogramme de la répartition du nombre d'UFC de Clostridium perfringens /g d'aliment

L'exploitation de l'ajustement aux trois (3) lois de distributions utilisées pour l'étude montre que les valeurs du paramètre Chi2 la plus petite (1,077) et probabilité la plus grande (0,965) s'observent au niveau de la loi exponentielle dont la moyenne du taux est de 28514 UFC / g d'aliment.

Tableau 4. Paramètres d'ajustement aux distributions choisies de Clostridium perfringens

PARAMETRES	DISTRIBUTIONS		
	Normale	Exponentielle	Uniforme
Chi2	21,295	**1,077**	61,687
Probabilité	0,000	**0,965**	0,000

3.1.2 QUANTITÉ (KG) D'ALIMENTS CONSOMMÉS

Les quantités d'aliments consommés dans les trois (3) grands lieux de restauration collective choisies se répartissent comme le montre la Figure 6. Les quantités enregistrées varient de 205,493 à 488,345 g par plat consommé.

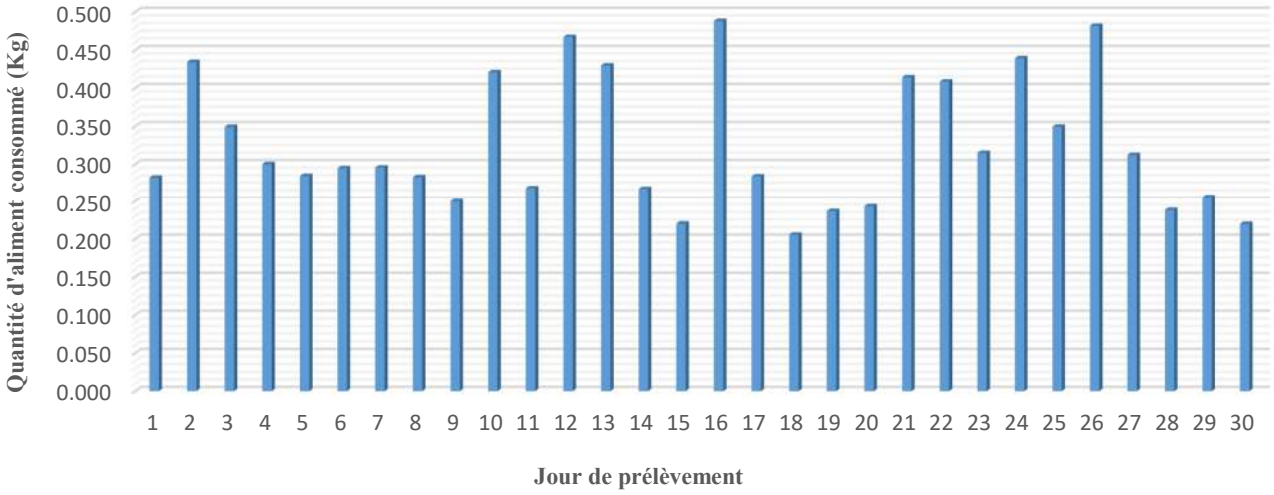


Fig. 6. Histogramme de la répartition des quantités d'aliments consommés

L'ajustement des données relatives aux quantités d'aliments consommés aux trois (3) lois de distribution indique que ceux-ci suivent une loi uniforme à travers l'analyse des paramètres de Chi2 et la probabilité.

Tableau 5. Paramètres d'ajustement aux distributions choisies de la quantité d'aliment

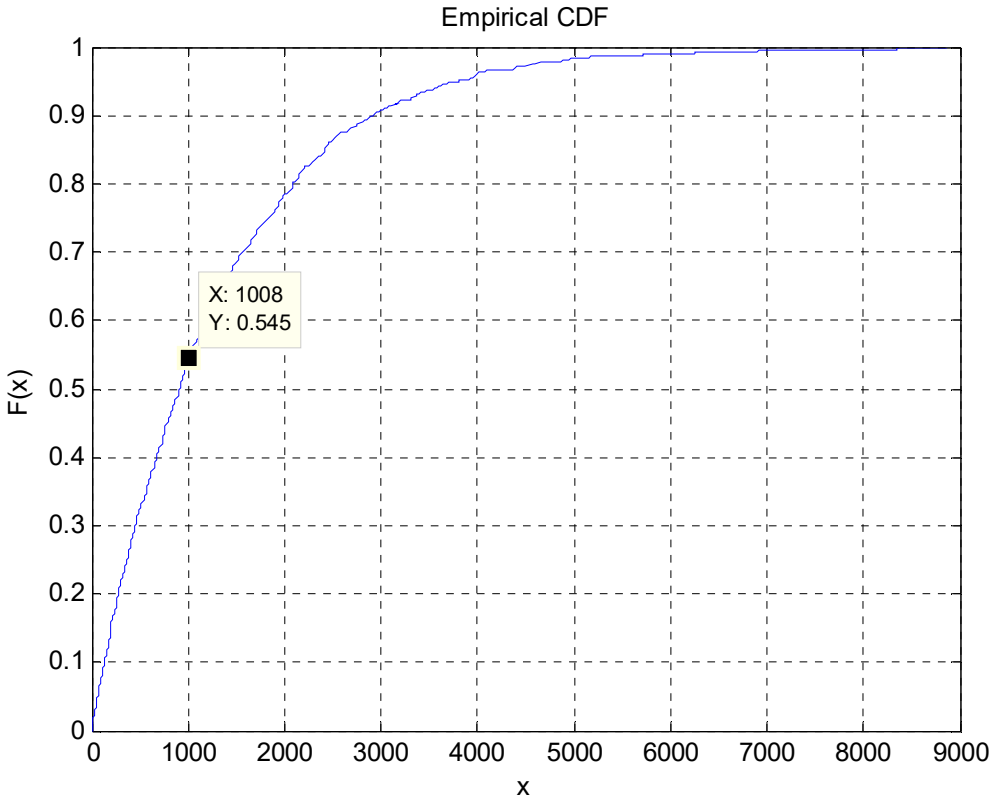
PARAMETRES	DISTRIBUTIONS		
	Normale	Exponentielle	Uniforme
Chi2	8,125	47,077	**4,091**
Probabilité	0,017	0,000	**0,943**

3.1.3 ESTIMATION À L'EXPOSITION

L'estimation à l'exposition donne la valeur numérique de celle-ci sous forme de probabilité de survenue et interprétable à partir des courbes de densités de probabilités (CDP ou CDF en anglais). Pour chaque contaminant, il été évalué et les conclusions sont faites en s'appuyant sur les valeurs de références pour le type d'aliment.

3.1.3.1 ESTIMATION DE L'EXPOSITION AUX COLIFORMES TOTAUX

L'analyse de la courbe CDP des taux en coliformes totaux des échantillons montre qu'à la valeur limite de référence 10^3 UFC/g, la probabilité de consommer un aliment non conforme est de 1-0,545 soit 0,455 ≈ 45,50% (Voir Figure 7) [22].

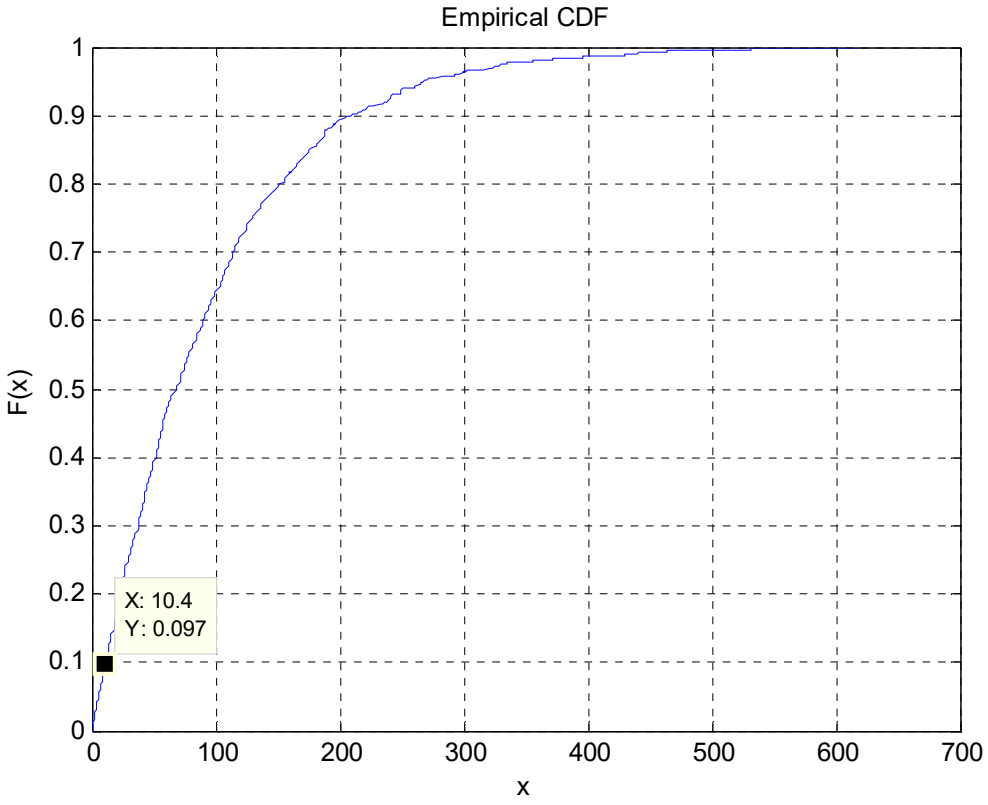


F (x): Probabilité; X: Unité Formant Colonie (UFC)

Fig. 7. Courbe cumulative de densité de probabilité des Coliformes totaux

3.1.3.2 ESTIMATION DE L'EXPOSITION À ESCHERICHIA COLI

La Figure 8 présente l'évolution des probabilités en fonction du taux d'*Escherichia coli* dénombré dans les échantillons. L'analyse de la CDF montre que dans 90,30% (1-0,097=0,903) des cas, le taux de microorganisme est supérieur à sa valeur limite (tolérable) qui est de 10 UFC/g d'aliment [22].

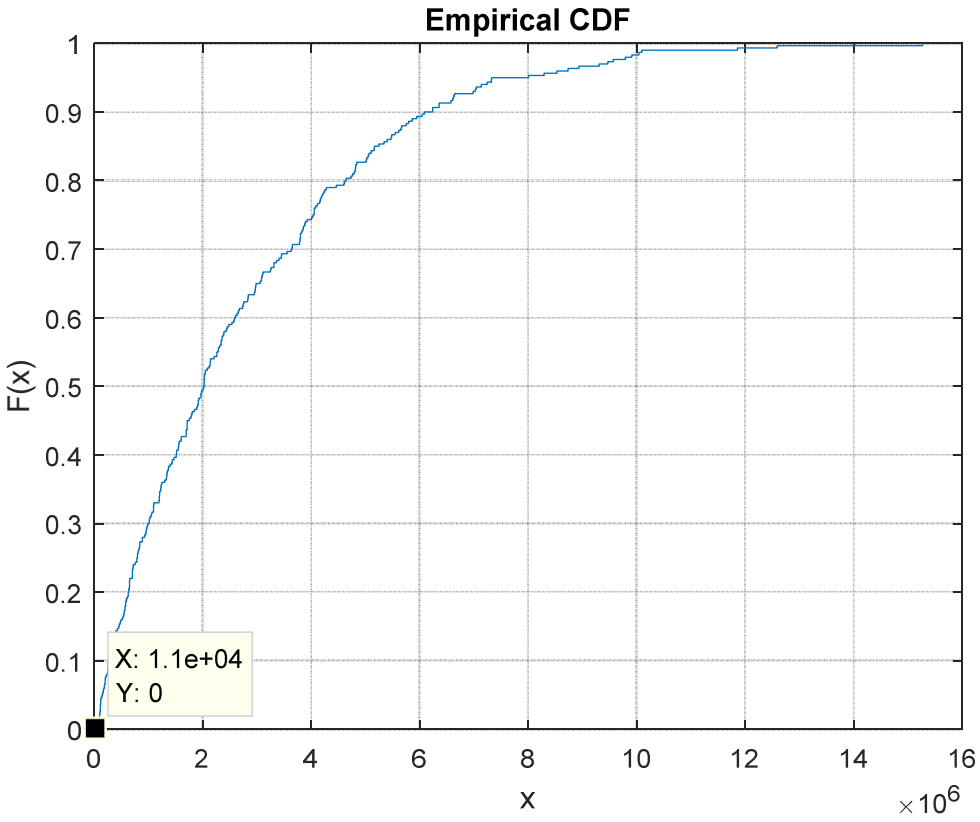


F (x): Probabilité; X: Unité Formant Colonie (UFC)

Fig. 8. Courbe cumulative de densité de probabilité des Escherichia coli

3.1.3.3 ESTIMATION DE L'EXPOSITION AUX CLOSTRIDIUM PERFRINGENS

L'estimation à l'exposition donne la valeur numérique de celle-ci sous forme de probabilité de survenue et interprétable à partir des courbes de densités de probabilités (CDP ou CDF en anglais). Il a été évalué et les conclusions sont faites en s'appuyant sur la valeur de référence pour le type d'aliment. La norme relative au foutou banane stipule que la quantité de *Clostridium perfringens* admissible est de 10^4 UFC/g [26]. En analysant la courbe cumulative de distribution de densité de probabilité comme indiqué à la Figure 9, la quasi-totalité (1-0= 1 soit 100%) des échantillons présente un risque de présence absolue et avérée de *Clostridium perfringens*.



F (x): Probabilité; X: Unité Formant Colonie (10^5 UFC)

Fig. 9. Courbe cumulative de densité de probabilité des Clostridium perfringens

3.2 DISCUSSION

Cette étude s'est focalisée sur les germes totaux (GAM), les coliformes totaux, *E. colis* présumés et *Clostridium perfringens* [15]. La distribution des flores par classes de contamination permet de comparer les résultats obtenus aux critères de référence et partant, apprécier la salubrité des échantillons analysés [12]. Les résultats des analyses effectuées sur les 90 échantillons de foutou banane ont montré que, 39 échantillons ont été de qualité microbiologique non satisfaisantes (N > 3.10^5 UFC/g) soit un pourcentage due à la présence de GAM. De même, 45 échantillons ont été de qualité microbiologique non satisfaisant (N > 10 UFC/g) soit un pourcentage de 50% due à une présence d'E. *Coli*. Quant aux coliformes totaux, 20% des échantillons ont présenté une qualité microbiologique non satisfaisantes (N > 10^{-3} UFC/g) soit 18 échantillons. Enfin, 72 échantillons ont obtenu des quantités de *Clostridium perfringens* supérieures à la norme (N > 10^4 UFC/g) soit un taux de 80%. Les germes totaux représentent la flore totale présente dans un aliment. Mais en réalité il est impossible de réaliser en un seul test le dénombrement de la flore totale réelle (composition du milieu, température d'incubation, atmosphère etc...). En fait, le dénombrement des germes totaux concerne surtout les bactéries aérobies mésophiles hétérotrophes neutrophiles revivifiables après 24 h d'incubation à 37°C dans un milieu de culture bien défini. Ce dénombrement effectué dans l'analyse type d'un aliment constitue un indicateur de la qualité sanitaire et reflète l'histoire du produit naturel. Ce nombre de germes totaux pourra représenter l'état de fraîcheur ou l'état de décomposition du produit ([15], [16]). Cette étude a montré que sur 90 échantillons prélevés 43,33% ont dépassé le seuil de 3.10^5 UFC/g. Cela démontre que les conditions hygiéniques de préparation et de stockage sont le plus souvent négligées. En effet, le mode de préparation du foutou dans tous les lieux de restaurations reste encore manuel. Il se fait par contact physique avec la main. Ces germes peuvent provenir des instruments de préparation (mortier, pilon), de l'eau utilisé en vue de faciliter le malaxage et aussi de la manipulatrice [14]. Cela indique que des efforts restent toujours à faire en matière des bonnes pratiques d'hygiène. Car la présence de cette flore dans les aliments entrainerait à la longue des toxi-infections aux consommateurs [10]. Cependant, il est très important de savoir qu'un nombre peu élevé de germes peut ne pas correspondre à un produit sain (présence de germes pathogènes, présence de toxines actives). Ainsi, pour les autres échantillons respectant la norme il serait donc important de rechercher spécifiquement les germes potentiellement pathogènes [15]. La présence de coliformes en nombre supérieur au critère microbiologique pourrait

s'expliquer par le fait que les coliformes totaux, souvent d'origine fécale humaine ou animale, témoignent d'un non-respect des règles d'hygiène par contamination direct [2]. Cette première hypothèse pourrait ainsi expliquer la contamination observée sur les dix-huit échantillons. La charge ou la concentration des coliformes totaux était de 1857 UFC/g dans le foutou banane, ce qui est largement supérieur à la valeur règlementaire qui est de 10 UFC/g. C'est à l'issue de ces résultats que les dix-huit échantillons ont été de qualité microbiologique non satisfaisante [11]. La contamination des aliments par les *E. Coli* est actuellement considérée avec beaucoup d'attention en raison de certaines sources pathogènes présentes dans ce groupe [15]. La charge des *E. Coli* était de 93UFC/g dans le foutou banane, ce qui est supérieur à la valeur réglementaire qui est de 10UFC/g. Les *E. Coli* sont en général des bactéries intestinales des mammifères en forme de bâtonnet très commune chez l'être humaine [13]. *E. Coli* est une bactérie anaérobie facultative que l'on trouve dans l'intestin des vertèbres. En effet, elle compose environ 80% de notre flore intestinale aérobie. Cependant, certaines souches d'*E. Coli* peuvent être pathogènes, entrainant alors des gastro entérites, infections urinaires, méningites ou sepsis. Lors des analyses, la présence du clostridium dans le foutou banane a été détectée en nombre supérieur au critère microbiologique. Les *Clostridium perfringens* constituent un genre de germes largement distribués dans le sol, l'air et l'eau [2]. Ils peuvent alors germer et se multiplier, ce qui entraine la formation d'un grand nombre de bactéries. Les *Clostridium perfringens* est responsable de nombreuses infections digestives). En effet, il est capable de produit et sécréter plusieurs toxines et enzymes hydrolytiques dont l'entérotoxine, responsable de toxi-intoxications alimentaires. Les principaux symptômes sont: les douleurs abdominales, la diarrhée explosive, la fièvre, la nausée et les vomissements ([6], [17], [18]).

4 CONCLUSION & PERSPECTIVES

Au terme de cette étude qui a consisté à évaluer le niveau de risque de contamination par certains germes dans le foutou banane, soixante-dix (70%) de non-conformité est à relever au niveau des GAM. Quant au CT 45,50% des échantillons se sont avérés non conformes. En ce qui concerne les *E. Coli,* le niveau de risque était à 90% des échantillons et enfin pour le *Clostridium perfringens,* le niveau de risque était maximal soit 100% de présomption. Dans un tel contexte, le foutou banane mérite plus d'attention quant au respect des règles d'hygiènes.

Aussi, il serait plus intéressant d'approfondir l'étude en:

- Augmentant la taille des échantillons afin de rendre cette étude plus générale.
- Poussant les analyses microbiologiques par la réalisation des tests PCR afin d'authentifier la présence de ces germes.

REFERENCES

[1] AFNOR. Microbiologie alimentaire. Tome 1, Méthodes horizontales de référence Saint-Denis La Plaine Cedex. Paris: pp. 661-662, 2002.

[2] D. C. Akmel, S. Aw, D. Montet, N. Assidjo, M. L. Degni, D. Akaki, C. Moretti, E. Elleingand, C. Brabet, G. Baud, F. Mens, B. Yao, T. Michel, N. Durand, H. Assin, L. Berthiot, T. Tapé, «Quantitative assessment of the microbiological risk associated with the consumption of attieke in Côte d'Ivoire*», Food Control, 81,* pp. *65-73, 2017.*

[3] E. Assidjo, S. Aw, D. Akmel, D. Akaki, E. Elleingand and B. Yao, «L'analyse des risques: Outil innovant de la sécurité sanitaire des aliments», *Revue Africaine de Santé et de Production animales,* Vol 11, N°S, pp. 3-13, 2013.

[4] ANSES, Fiche de description de danger microbien transmissible par les aliments; Clostridium Perfringens Famille des clostridiaceae, 2010.

[5] ANSES, Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation de l'environnement et du travail. Mis à jour le 14/03/2013 site, 2013.

[6] P.R. Baron, E.J.0 Jorgensen, J.H. Allen SD. Clostridium. In: Murray Manual of clinical microbiology. 8 ed; p. 835-856. 2003.

[7] C. Bonnefoy, F. Guillet, G. Leyral and E. Verne-Bourdais, Microbiologie et qualité dans les industries agroalimentaires, Collection Biosciences et Techniques, 238 P, 2018.

[8] BRYAN, F.L., L'analyse des risques points critiques pour leur maitrise. Comment apprécier les risques liés à la préparation et à la conservation des aliments ? Genève: OMS, 78 p, 1994.

[9] Charles, R.H.G., La restauration collective. Copenhague: OMS; Publication Régionale, 72 p (Série européenne, 15), 1986.

[10] D. E. Dibi, D. C. Akmel, K. Tano, N. E. Assidjo, D. Akaki, D. Montet, «Quantitative assessment of the risk linked to the consumption of braised beef meat »*Choukouya*« contaminated with pathogenic *Clostridium perfringens* in Côte D'Ivoire», *Food and Nutrition Sciences,* 8 (12), pp. 1137-1155, 2017.

[11] L. Delhalle, C. Saegerman, F. Farnir, N. Korsak and G. Daube, «L'évaluation quantitative du risque microbiologique: revue de trois modèles liés à *Salmonella* dans les aliments» *Ann. Méd. Vét.,* Vol 152, pp. 116-129, 2008.
[12] Dromigny, E., Les critères microbiologiques. Règlementation Agents microbiologiques—Autocontrôle. Technique et Documentation Lavoisier, Paris, 231 p, 2012.
[13] Eslava, C., Villaseca, J., Hernandez, U., and Cravioto, A., *Escherichia coli.* In: Miliotis M. Bier J. (Ed), International handbook of foodborne pathogens. Marcel Dekker: New York: pp. 123-135, 2003.
[14] Y. Ghafir and G. Daube, «Le point sur les méthodes de surveillance de la contamination microbienne des denrées alimentaires d'origine animale», *Ann. MéD. Vét.,* Vol 151, pp. 79-100, 2007.
[15] Guiraud, J. P., Microbiologie alimentaire, Technique et ingénierie, Série Agro-alimentaire, Dunod, Paris, 625 p, 1998.
[16] Ginn, R.E, Packard, V.S and Fox, T.L., Enumeration of total bacteria and coliforms in milk, 1986.
[17] Griva, I., Nash, G., and Sofer, A., Linear and Nonlinear Optimization, Edition SIAM, p 581, 2009.
[18] C.L. Hatheway, Toxigenic clostridia. *Clin Microbiol Rev,* pp. 3: 66-98. 1990.
[19] M. Hutchison, L. Walters, G. Mead, M. Howell and V. Allen, «An assessment of sampling methods and microbiological hygiene indicators for process verification in poultry slaughterhouses», *Journal of Food Proteins,* Vol 69: 145-153, 2006.
[20] Jaloustre, S., Appréciation quantitative des risques pour l'évaluation de mesures de maitrise sanitaire dans une filière Agro-alimentaire. Application à Clostridium Perfringens en restauration hospitalière. Thèse de doctorat, Université de Lyon Instituts des Sciences et Industries du vivant et de l'environnement (Agro Paris Tech) 276p, Paris, 2011.
[21] Michael, J., Sécurité dans la manipulation des aliments. Guide pour la formation des responsables d'établissement de restauration. Genève: OMS, 141p, 1990.
[22] Organisation Internationale de Normalisation ISO 4833: microbiologie des aliments: méthode horizontale pour le dénombrement des micro-organismes: technique de comptage des colonies à 30°C. Organisation internationale de normalisation, Genève, 18p, 2003.
[23] OMS, Rapport sur la santé mondiale. Un avenir plus sûr: la sécurité sanitaire mondiale XXI siècle. 91p, 2007.
[24] OMS, Rapport sur la santé dans le monde. Pour un système de santé plus performant. ISBN 92 4 256198 3, 2000.
[25] OMS (W.H.O), WORLD HEALTH ORGANISATION, Guidelines for Drinking Water Quality, 564p, 2006.
[26] K. Vijay, A. Juneja, L. Huang, A. Harshvardhan, and H. Thippareddi, «Predictive Model for Growth of Clostridium perfringens in Cooked Cured Pork». *International Journal Food Microbiology,* 110, pp. 85-92. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2006.01.038, 2006.
[27] Vose, D., In quantitative risk analysis: A guide to Monte Carlo simulation modelling, Wiley, New York., 1996.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 4 Jun. 2023, pp. 1692-1697
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Analyse des facteurs favorisants de la destruction des écosystèmes forestiers et leurs conséquences en RD Congo

[Analysis of factors contributing to the destruction of forest ecosystems and their consequences in DR Congo]

Mavinga Mvumbi Sylvain[1], Munkuamo Jean Rufin[2], Nsekanabo Muta DE[3], Mavungu Mvumbi Jac Willy[4], Ntoto Mvubu Roger[5], and Lukoki Luyeye Félicien[6]

[1]Université Président Joseph Kasa-Vubu, Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement, Département des Ressources Naturelles, BP 314 Boma, RD Congo

[2-3]Université Pédagogique Nationale, Département de Géographie - Sciences de l'environnement, BP 8815 Kinshasa, Ngaliema, RD Congo

[4]Institut Supérieur d'Etudes Agronomiques (ISEA), BP 151 Tshela, RD Congo

[5]Université de Kinshasa, Faculté des Sciences Agronomiques et Environnement, Département d'Economie Agricole, BP 117 Kinshasa XI, RD Congo

[6]Université de Kinshasa, Faculté des Sciences, Département de Biologie, BP 190 Kinshasa XI, RD Congo

Copyright © 2023 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: Throughout the world, the forest remains the most stressed ecosystem for various human needs. The humid tropical forests found in the Third World are in constant decline due to clearing for cultivation, bush fires and the overexploitation of firewood and charcoal. «In the year 2000, the forest area covered about 3.9 billion hectares, or roughly 30% of the Earth's land surface, but every year the global forest cover is shrinking» (Lester, 2001). As far as DR Congo is concerned, «wood energy covers 82% of total energy needs and 99% of housing sector needs» (Zins and Kambale, 1989; Gerkens, 1989). Furthermore, «the urban consumption (Kinshasa) of wood as a source of energy led to the disappearance of nearly 16,000 hectares of forest in 1980 and 80,000 hectares in 1985 for the other cities of the country» (Vangu, 1988). «The southern Shaba region alone is losing more than 40,000 hectares of forest per year. The needs of the city of Lubumbashi in energy-wood lead to deforestation of more than 10,000 hectares per year» (Binzangi, 1989). «Households in the city of Kisangani use wood energy for cooking, i.e. 226,908 bags of charcoal per year, i.e. 14,300 tonnes of charcoal per year compared to 1,802,124 bundles of wood, i.e. 60 384 tons per year. Consequently, the total quantity of wood-energy in Kinshasa is estimated at around 4.8 million m3 of wood per year (Projet Makala/CIFOR, 2011)». In the hinterland of Kinshasa, the regressive series at the level of forest formations continues its trajectory in an interrupted manner since the rate of deforestation has already reached 55.81%. Furthermore, the average monthly production of 41 kg wood bundles is 13,800 ± 84.85 while that of 51 kg charcoal is 45,750 ± 49.50« (Mavinga, 2019). These few estimates indicate the extent to which wood energy occupies a prominent place in the lives of the world's populations in general and Congolese in particular.

KEYWORDS: analysis, contributing factors, forest ecosystems, charcoal, firewood, household, energy needs, DR Congo.

RESUME: De par le monde, la forêt reste l'écosystème le plus sollicité pour divers besoins humains. Les forêts tropicales humides qui se trouvent dans le tiers-monde, sont en diminution constante à cause des défrichements pour les cultures des

Corresponding Author: Mavinga Mvumbi Sylvain

feux de brousse et de la surexploitation du bois de chauffe et du charbon de bois. « En l'an 2000, le secteur boisé recouvrait environ 3,9 milliards d'hectares, soit en gros 30 % de la surface émergée de la planète, mais chaque année, le couvert forestier mondial se réduit » (Lester, 2001). En ce qui concerne la RD Congo, « l'énergie-bois couvre 82 % des besoins énergétiques totaux et 99 % de besoins du secteur de l'habitat » (Zins et Kambale, 1989; Gerkens, 1989). Par ailleurs, « la consommation urbaine (Kinshasa) du bois comme source d'énergie a entraîné la disparition de près de 16 000 hectares de forêt en 1980 et 80 000 hectares en 1985 pour les autres villes du pays » (Vangu, 1988). « La seule région du Shaba méridional perd plus de 40 000 hectares de forêt par an. Les besoins de la ville de Lubumbashi en énergie-bois entraîne un déboisement de plus de 10 000 hectares par an » (Binzangi, 1989). « Les ménages de la ville de Kisangani recourent à l'énergie-bois pour la cuisson, soit 226 908 sacs de charbon de bois par an, soit 14 300 tonnes de charbon de bois par an contre 1 802 124 fagots de bois, soit 60 384 tonnes par an. Par conséquent, la quantité totale de l'énergie-bois à Kinshasa, est estimée autour de 4,8 millions de m^3 de bois par an (Projet Makala/CIFOR, 2011). « Dans l'hinterland de Kinshasa, la série régressive au niveau des formations forestières continue sa trajectoire de manière interrompue dès lors le taux de déforestation a déjà atteint 55,81 %. En outre, la production moyenne mensuelle de fagots de bois de 41 kg est de 13 800 ± 84,85 tandis que celle de charbon de bois de 51 kg est de 45 750 ± 49,50 » (Mavinga, 2019). Ces quelques estimations indiquent à quel point la dendroénergie occupe une place de choix dans la vie des populations mondiales en général et congolaises en particulier.

MOTS-CLEFS: analyse, facteurs favorisants, écosystèmes forestiers, charbon de bois, bois de feu, ménage, besoins énergétiques, RD Congo.

1 INTRODUCTION

Les facteurs favorisants de la destruction des écosystèmes forestiers de la RD Congo se résument par l'exploitation "non écologique ou anti-écologique". Il faut savoir que l'exploitation écologique exige de connaître, comprendre d'abord l'écosystème forestier avant de procéder aux prélèvements, quel qu'ils soient. « L'exploitation écologique demande de comprendre d'abord avant d'exploiter, en procédant par des études préalables, des inventaires de ce qui est disponible, en évaluant les besoins, etc. » (Lukoki, 2005). A cet effet, il faut restituer après le prélèvement ou donner le temps à l'écosystème pour qu'il se reconstitue; il faut allonger la durée de vie des écosystèmes forestiers.

Malheureusement, le congolais avant d'exploiter les écosystèmes forestiers, n'a pas cherché à savoir ce qu'est l'écosystème forestier, il n'a pas cherché à pénétrer le message multidimensionnel qu'il contient : sa composition, sa structure, son fonctionnement et sa dynamique. Il n'a pas procédé à l'aménagement forestier et à la planification forestière. Tout ceci symbolise une exploitation pirate, sauvage,... une simple cueillette, une surexploitation qui engendre le mal-développement. Eu égard à ce qui précède, l'on se pose les questions suivantes: *Quels sont les facteurs favorisants qui détruisent les écosystèmes forestiers en RD Congo ? Quelles sont les conséquences de la destruction des écosystèmes forestiers sur la population congolaise ? Quelle relation existe-t-il entre le couvert végétal réduit et les exploitants forestiers ?*

Au regard de ces trois questions posées ci-dessus, l'on estime que les facteurs favorisants qui détruisent les écosystèmes forestiers en RD Congo sont multidimensionnels; les conséquences de la destruction des écosystèmes forestiers sur la population congolaise sont complexes et interactives; les étendues des écosystèmes forestiers existantes ont atteint les niveaux faible et moyen, dues essentiellement à la dégradation et à la déforestation occasionnées par des exploitants forestiers.

L'objectif principal de cette publication scientifique est de mettre à la disposition des chercheurs, des acteurs environnementaux, aménageurs, écologues, géographes, agronomes, forestiers, décideurs..., les facteurs favorisants de la destruction des écosystèmes forestiers et leurs conséquences en vue de mieux connaître et comprendre la série régressive qui a déjà pris des dimensions spatiales très significatives, d'une part, et d'autre part, mettre sur pied des solutions qui soient durables, pouvant être appliquées en RD Congo. Comme objectifs spécifiques l'étude élucide ce qui suit:

- Identifier les facteurs favorisants qui sont à la base de la destruction des écosystèmes forestiers;
- Déterminer les conséquences de la destruction des écosystèmes;
- Analyser l'importance de la relation qui existe entre le couvert forestier et les exploitations forestiers.

2 ETAT DE LA QUESTION

Pour bien réaliser cette publication scientifique, nous nous sommes référé, aux niveaux national et international, à un certain nombre d'études qui mettent en relief l'importance des écosystèmes forestiers, en tant que "profusions de ressources". Et, dans les lignes qui suivent, nous présentons quelques auteurs, les intitulés de leurs études et un condensé du bilan critique de leurs résultats ou conclusions. Cette façon de procéder permet de tracer une ligne de démarcation dont la finalité est de focaliser les objectifs poursuivis sur un point de vu original.

1. Baunloth, (1991): *Etude socio-économique du secteur forestier de l'hinterland minier du Shaba*

Résumé: Une enquête socio-économique menée au Shaba du 6 au 26 juillet 1989, a permis l'estimation de la demande et de l'offre en énergie-bois des ménages et industries utilisant le bois de chauffe et le charbon de bois à Lubumbashi et à Likasi. La consommation totale en matières ligneuses, bois de feu et charbon de bois, s'élève à 439 000 m^3 (solide) pour les ménages de deux villes, soit 14 %; 36 000 m^3 pour la Gécamines, soit 6%; 116 000 m^3 par les autres entreprises, soit 2 % du total. Ces données mettent en évidence la prédominance de bois et de charbon de bois.

2. Binzangi (2000): *L'approvisionnement de Kinshasa en énergie-bois: état de la question*

Résumé: L'auteur présente des résultats probants sur les préoccupations relatives à la continuation de la dégradation des formations forestières, de manière parfois irréversible, dans la province du Kongo Central, et autour de Kinshasa, en précisant les grandes lignes relatives à la production de combustibles ligneux et celles liées à l'approvisionnement des centres urbains en énergie-bois. Ainsi, il affirme qu'il faut 800 kg de bois séché à l'air (=1 m^3) pour produire 144 kg de "makala". A cet effet, il confirme qu'il faut 6 kg de bois séché à l'air pour produire 1 kg de "makala" par le Kibiri (four en motte de terre en swahili). Il souligne également qu'il existe une très forte corrélation entre le volume solide et le poids ($r\sigma.2 = 0,93$), une forte corrélation entre le volume apparent et le volume moyenne, entre le volume apparent et le poids ($r\sigma.0.1 = 0,57$).

3. Harrison (1991): A *la découverte des bois et des arbres: la sylviculture*

Résumé: L'auteur insiste sur la fragilité de la forêt africaine: "les sols sur lesquels poussent les forêts vierges africaines sont généralement, maigres, acides, dépourvus d'éléments nutritifs avec une forte teneur en sels de fer et d'aluminium. Ce paradoxe sols pauvres – forêts luxuriantes relève de l'environnement forestier qui recycle sans cesse tous les éléments nutritifs disponibles, augmente l'humidité, diminue les températures du sol et l'évaporation. Lorsque le couvert arboré s'affaiblit ou disparaît, ces avantages diminuent aussi.

D'où, le danger du déboisement de tels écosystèmes forestiers par les feux de brousse pour les champs, par le surpâturage des troupeaux de plus en plus nombreux.

4. Malele (1981): *Le four en briques et la production du charbon de bois*

Résumé: Le charbon de bois restera pendant longtemps encore la principale ressource d'énergie domestique dans les centres urbains. Les techniques traditionnelles sont loin de satisfaire la demande, sans cesse croissante des villes. Ainsi, la nécessité de l'implantation de nouvelles techniques de carbonisation capable de résoudre le problème de l'offre et de la demande en milieu urbain d'une part, et de lutter contre la déforestation, d'autre part.

5. Sylvain Mavinga et *al.* (2022): *Production anti-écologique de charbon de bois en périphérie des localités Kinseki et Ntampa: Une nécessité de recourir au langage de modélisation UML pour la lutte contre la déforestation*

Résumé: Les résultats obtenus sur le terrain par les auteurs permettent de retenir que la production anti-écologique de charbon de bois se pratique soit dans la forêt (avis de 88 % des sujets enquêtés), soit dans la savane (avis de 12 % des sujets enquêtés); aucun charbonnier n'applique les principes écologiques (avis de 100% des sujets enquêtés); 91 % de ménages enquêtés sont composés de plus de 5 personnes contre 9 % qui n'ont que moins de 5 personnes; 91 % des sujets enquêtés ont un revenu mensuel faible (soit moins de 199 $); 100 % des sujets enquêtés ne remplacent pas des arbres coupés en forêt ou en savane par d'autres.

6. Sylvain, Mavinga. et *al.* (2017): *La production non rationnelle de combustibles ligneux dans l'Hinterland de Kinshasa et ses effets cumulés sur les revenus des paysans*

Résumé: Les auteurs sont d'avis que l'Hinterland de Kinshasa perd chaque jour une grande quantité de ressources végétales sur lesquelles s'appuient de nombreuses économies. Or, la forêt renferme bien plus que du bois, source principale des revenus des paysans. D'après leurs résultats, la production de combustibles ligneux réalisée par des bûcherons et des charbonniers donne un revenu mensuel de moins de 200 $ US, qui ne leur permet que de résoudre quelques problèmes sociaux.

7. MECNT/SGECN (1995): *Problématique de la gestion des produits forestiers non ligneux (PFNL) au Zaïre*

Résumé: Le Ministère de l'Environnement, de la Conservation de la Nature et du Tourisme/Secrétariat Général à l'Environnement et Conservation de la Nature révèle que les PFNL constituent des ressources très importantes tirées des forêts tropicales mais dont beaucoup de pays ne comptabilisent pas le profit économique, alors qu'une étude menée en Amazonie démontre que les récoltes et le commerce des PFNL tels que fruits, feuilles, huiles, caoutchouc et plantes médicinales rapportent environ 7 fois plus que l'exploitation du bois. Le présent rapport recherche les voies et moyens de valoriser les PFNL à travers des normes institutionnelles et des stratégies de mise en œuvre.

3 APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

Pour réaliser cette étude, l'on s'est basé sur la méthodologie documentaire, la démarche inductive avec raisonnement hypothético-déductive ainsi que la méthode comparative. La première se focalise sur la constitution d'un ensemble des étapes permettant de chercher, d'identifier et de trouver les documents relatifs à notre recherche. La seconde permet de dégager les idées générales issues des documents consultés, afin de réfléchir sinon juger sur la vérité des causes et conséquences qui sont à la base de la destruction des écosystèmes forestiers en RD Congo. La troisième a permis de comparer les résultats de plusieurs chercheurs qui travaillent sur le secteur forestier, afin de prévoir ce qui peut se produire, ou apporter les améliorations dans le bon fonctionnement des écosystèmes forestiers.

4 FACTEURS FAVORISANTS DE LA DESTRUCTION DES ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS

« En RD Congo, la destruction des écosystèmes forestiers est liée à des divers facteurs favorisants formant ainsi un ensemble complexe de pressions économiques, sociales et politiques, sur lesquelles se greffent des problèmes de gestion des ressources naturelles » (Ntoto, 2023). De ce fait, les facteurs favorisants qui sont à la base de ces pressions anthropiques ont des niveaux variés, il s'agit:

- De l'accroissement démographique rapide;
- De la pauvreté extrême et répandue;
- Des mauvais systèmes d'occupation et d'utilisation des terres (agriculture non sédentarisée);
- De l'encouragement par les pouvoirs publics d'une exploitation forestière sans aménagement (octroi de concessions forestières);
- Des abattages destructeurs tant par les paysans que par les entreprises étrangères, etc…

En effet, le défrichage des écosystèmes au profit de l'agriculture itinérante et le prélèvement des combustibles ligneux-bois – pour répondre aux besoins de la population paupérisée en expansion rapide. A ce jour, une portion importante des paysans congolais se sont convertis en bûcherons-charbonniers. Ils sont très visibles dans les territoires tels que Kasangulu, Masimanimba, Madimba, Mbanza-Ngungu, Seke-Banza, Mer. Par ailleurs, l'exploitation commerciale ou industrielle du bois des écosystèmes forestiers contribue aussi de façon directe et indirecte à la destruction de ces écosystèmes. De plus, les méthodes actuelles d'abattage sont destructrices et modifient sensiblement la diversité biologique de l'écosystème forestier. Ces écosystèmes forestiers dégradés constituent une invitation faite aux entreprises familiales désireuses de prélever du bois de feu. De la sorte, la dégradation des écosystèmes forestiers s'aggravent de même qu'elle les ouvre aux personnes à la recherche de nouvelles terres à défricher.

5 CONSÉQUENCES DE L'EXPLOITATION IRRATIONNELLE

Même si après l'exploitation, les écosystèmes peuvent être seulement appauvris et non détruits, le constat fait en RD Congo est tel que les écosystèmes au départ prodigue sont convertis en autre type d'écosystèmes dont le biotope et la biocénose

sont différents. Cela signifie que la composition, la diversité biologique, la structure et le fonctionnement de ces écosystèmes ont changé: c'est la déforestation, avec tous ses corollaires. Or, la déforestation rompt l'équilibre entre l'arbre, le sol, le climat et les activités de l'homme. Il s'ensuit la formation des savanes à très grande échelle et qui, si elles sont soumises à une gestion non écologique, peuvent se transformer en steppe, et celle –ci peut à son tour être convertie en désert. C'est la série régressive forêt – savane – steppe – désert qu'il faut à tout prix éviter, car elle perturbe notamment le cycle de l'eau, le climat...En outre, Mavungu (2002) révèle que beaucoup des jeunes garçons exploitent irrationnellement la forêt par manque de sociétés et d'entreprises qui peuvent les embaucher.

Comme dans la biosphère "tout est lié à tout", et en fonction de cette déforestation, la vie est globalement menacée, particulièrement celle des congolais devient précaire. De ce fait, la vie de plusieurs millions d'hommes est bouleversée par la dégradation des sols, la faible productivité des sols, la rupture de l'équilibre hydrologique, la faim, la pauvreté, l'ignorance, etc. Quelle que soit l'importance spatiale de la déforestation, les effets sont toujours considérables et il est difficile de préciser les limites de ces effets. De plus, « les forêts secondaires en RD Congo sont menacées de disparition, suite à la pression sur les ressources forestières due à l'exploitation forestière artisanale illégale, à la commercialisation des espèces ligneuses pour les bois d'œuvre, à la collecte de bois de feu, à l'extension des zones cultivées, aux feux de brousse incontrôlés, etc. » (Munkuamo, 2016).

A court terme, l'exploitation des écosystèmes forestiers sans aménagement forestier a abouti à la destruction des niches écologiques de plusieurs espèces végétales et animales qui sont menacées de disparition. Dans les forêts de la RD Congo, beaucoup d'espèces végétales, entre autres, Ananas (sauvage) (*Ananas comosus*); Baobab (*Adasonia digitata*); Fromager (*Ceiba pentandra*), Elemier d'Afrique (*Canarium Schweinfurthii*) sont en voie de disparition qui, pourtant, remplissent diverses fonctions dans la nutrition, les différentes activités de la vie familiale, la technologie, les industries alimentaires et chimiques et en médecine.

A long terme, la destruction de l'écosystème conduit à la désertification des sols et à une modification catastrophe du régime des eaux. La sécheresse s'installe avec son cortège de misère. La pénurie des produits forestiers ne permet plus satisfaire les besoins quotidiens des populations en nourriture (disparition des champignons, des légumes sauvages, des chenilles, des fruits, du gibier, etc.), en produits médicaux, en bois de feu. « Toute l'économie rurale est déstabilisée et la vie des hommes n'est plus qu'une lutte pour survivre. Les congolais restent bloqués dans le cercle vicieux de la pauvreté » (Mavinga, 2013).

Par effet d'entraînement, les cités, les centres urbains subissent le contrecoup de la misère des campagnes. A ce sujet, il y a lieu de noter que l'avenir des écosystèmes forestiers se joue aussi en ville. En réalité, la vie dans RD Congo devient incertaine. Et, c'est cela le danger. Le phénomène de la photosynthèse s'en trouve réduit. Les congolais passent progressivement du stade de biosphère à celui de cupidosphère, c'est-à-dire, un espace humanisé caractérisé par la médiocrité, le manque de sens social, les nuisances et une pollution multiforme et multidimensionnelle.

6 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Il n'est pas vain de rappeler que la pauvreté, la médiocrité de la productivité agricole, le déséquilibre du développement, la faiblesse et la précarité des institutions, une démographie galopante et la pollution sociale (et morale) sont parmi les causes de la destruction des écosystèmes forestiers de la RD Congo. Généralement, il existe plusieurs solutions, plusieurs stratégies connues pour faire face à cette crise. Mais pour plus d'efficacité, il faut des solutions qui concernent à la fois les causes à effets. Pour mieux s'attaquer aux véritables causes, les solutions sont à chercher d'abord en dehors du cadre forestier.

L'une des actions à entreprendre consiste à élaborer une stratégie pour la forêt qui tienne compte des rapports entre les différents niveaux de relations de la forêt (mondial – régional – national – local) et les différents secteurs qui ont une incidence sur les écosystèmes forestiers. Il s'agit de répartir les responsabilités entre: les collectivités locales, les gouvernants, le secteur privé, les organismes de recherche et des universités, les organismes de développement, notamment ONGD, les institutions d'aide.

Comme les écosystèmes forestiers ne se détruisent pas eux-mêmes, il faut agir simultanément sur plusieurs aspects de la vie de l'homme. Il faudrait notamment:

- Elaborer, diffuser, faire une nouvelle législation forestière qui définit les droits de l'arbre ou de la forêt, de la flore et de la faune;
- Encadrer et sensibiliser les paysans au sujet des multiples bienfaits de la forêt;
- Elaborer des programmes de reboisement et de foresterie rurale;
- Moderniser et sédentariser l'agriculture;

- Electrifier toutes implantations humaines sans oublier l'amélioration du pouvoir d'achat du congolais;
- Enseigner l'écologie à tous les citoyens congolais, etc

Enfin, les congolais doivent être initiés à la culture verte et à l'Ecodéveloppement qui lui permettront de réaliser une révolution culturelle individuelle. Car, si les techniques, les lois, les procédures et les politiques changent, elles resteront sans effet tant que les hommes n'ont pas eux aussi changé en ce domaine. Le changement des mentalités prend certes du temps, mais c'est investissement à long terme aussi important que planter des arbres.

REFERENCES

[1] Binzangi K., L. (1989), Contribution à l'étude du déboisement en Afrique tropicale: le cas du Shaba méridional, Faculté des Sciences, Université de Lubumbashi, p. 236.

[2] Binzangi, K., L. (2000), *L'approvisionnement de Kinshasa en énergie-bois: état de la question* dans la revue interdisciplinaire Lukuni lwa yuma, vol. II-n° 2, Université Libre de Luozi/Kongo Central, pp. 25-35.

[3] F. Lukoki L., (2005), Notes de phytogéographie, Diplôme d'Études Supérieures/Gestion de l'Environnement, Faculté des Sciences. Département des Sciences de l'Environnement, Université de Kinshasa.

[4] Lester B, R. (2000), Eco-économie: une autre croissance est possible et durable, Ed. du Seuil, New York, 438 p.

[5] L. Vangu (1988), *Evaluation de la contribution du secteur forestier et stratégie de développement intègre du secteur*. Fond de reconstruction du capital forestier au Zaïre, 11 au 13 mai, Kinshasa 15 p.

[6] M. Gerkens (1988), *Problème de l'énergie-bois au Zaïre.* Problèmes de l'énergie-bois au Zaïre. DAFECN. Séminaire sur la politique forestière au Zaïre, 11 au 13 mai, Kinshasa, 15 p.

[7] MECNT/SGECN (1995): Problématique de la gestion des produits forestiers non ligneux (PFNL) au Zaïre. Rapport de la commission Ad Hoc.

[8] M. Malele, (1981): *Le four en briques et la production du charbon de bois*. Séminaire sur la politique forestière au Zaïre, 11 au 13 mai, Kinshasa, 17 p.

[9] Nlandu N., M. et Mavinga M., S. (2020), *Analyse de la performance du projet apicole de Luki, dans les secteurs de Boma Mungu, Bundi et Patu,* Département des Ressources Naturelles: Eaux et Forêts. Université Président Joseph Kasa-Vubu, Faculté des Sciences Agronomiques. 38 p.

[10] Projet Makala/CIFOR (2011), Bois énergie en RDC: analyse de la filière des villes de Kinshasa et de Kisangani, RD Congo p. 84

[11] P. Harrison (1991): A la découverte des bois et des arbres: la sylviculture » in « Une Afrique Verte, Ed. Karthala-CTA, pp. 203-206.

[12] R. Baunloth, et *al.* (1991): *Etude socio-économique du secteur forestier de l'hinterland minier du Shaba* dans la revue du Centre de Coordination des Recherches et de la Documentation en Sciences Sociales, dans la revue scientifique «Desservant l'Afrique Sub-saharienne» (1996), pp. 7-10. Université de Kinshasa/APET/Zaïre.

[13] R. Ntoto M. (2023). Communication personnelle. Université de Kinshasa. Département d'Economie Agricole.

[14] R. Zins et K. Katahwa (1989), *L'énergie-bois au Zaïre. Bilan et perspectives*. ACDI – PAFT/ex Zaïre, 145 p.

[15] S. Mavinga M. (2013), *Effets cumulés de la déforestation sur l'environnement des villages Kinseki et Ntampa (Bas-Congo),* Faculté des Sciences. Mémoire de DEA en Sciences de l'Environnement, Université de Kinshasa, 192 p.

[16] S. Mavinga, M. et al. (2017): La production non rationnelle de combustibles ligneux dans l'Hinterland de Kinshasa et ses effets cumulés sur les revenus des paysans In International Journal of Innovation and Applied Studies, ISSN 2028-9324 Vol. 21 No. Sep. 2017 pp.: 284-290, en ligne: http://www.ijias.issrjournals.org/.

[17] S. Mavinga M. (2019), *Production de combustibles et dégradations des formations forestières dans l'Hinterland de Kinshasa,* Thèse de doctorat en Sciences. Groupe: Environnement. Faculté des Sciences. Université de Kinshasa, 313 p.

[18] W-J. Mvumbi M. et S. Mavinga M. (2022), *Impacts des activités agricoles sur les revenus ménagers du territoire de Seke-Banza* in International Journal of Innovation and Applied Studies, ISSN 2028-9324 Vol. 38 No. 3 Janv. 2023, pp. 649-655. Journals disponible sur http://www.ijias.issr-journals.org/ s.issr-journals.org/.

[19] R. Mukuamo G. (2016), Vulnérabilités environnementales et résiliences urbaines à Kinshasa/RDC. Une contribution à la résolution de la crise environnementale urbaine, Thèse de doctorat en Sciences. Groupe: Environnement. Faculté des Sciences. Université de Kinshasa, 340 p.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 4 Jun. 2023, pp. 1698-1705
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

GENOTYPE-ENVIRONMENT INTERACTION STUDY OF SEEDS HARVESTED PER PLANT IN MUNG BEAN (*Vigna radiata* (L.) WILCZEK) LINES GROWN IN TWO AGRO-CLIMATIC ZONES OF BURKINA FASO USING GGE-BIPLOT ANALYSIS

Zida Wend-Pagnagde Felicien Marie Serge[1-2], Ouedraogo Mahamadi Hamed[2], Zongo Hamadou[1], Ouedraogo Tinga Jeremy[1], and Sawadogo Mahamadou[2]

[1]Département Productions Végétales Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), CREAF de Kamboinsé, Laboratoire de Génétique et de Biotechnologies Végétales, 01 B P476, Ouagadougou, Burkina Faso

[2]Université Joseph KI-ZERBO, Ecole Doctorale Sciences et Technologies, Laboratoire Biosciences, Equipe Génétique et Amélioration des Plantes (EGAP), 03 BP 7021, Ouagadougou, Burkina Faso

Copyright © 2023 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 was to evaluate the adaptability of mung bean lines introduced in Burkina Faso and to identify favorable environments for its cultivation. The present study was thus conducted on forty-four mung bean (Vigna radiata) genotypes in two agro-climatic zones of the country, namely the Sahelian zone and the Sudano-Sahelian zone. The experiments were more specifically conducted in three environments of these two agro-climatic zones characterized by an unequal spatio-temporal distribution of rainfall: Pobé, Kamboinsé and Saria. The field trials were conducted during the rainy season using an augmented bloc design with one check. Seeds harvested per plant weight as yield related important trait where recorded and analyzed. The results show that seed yield per plant varied with regards to the environments and to the genotypes. Indeed, the combined analysis of variance revealed the presence of a significant variability and an important influence of the environmental component in this variability. Also, using GGE-biplot analysis, study revealed that the most favorable environments during this mung bean multi-location trial in Burkina Faso where Kamboinsé and Pobé. These are the sites where the best performance in terms of seeds harvested per plant was recorded. GGE-biplot analysis also allowed to identify genotypes that shows specific adaptation to Kamboinsé and to Pobé. These are the genotypes: V 2709; VC 1481A/VC 1560A; NM 94 and 9154 for Pobé in the Sahelian zone, the most arid environment, and genotypes PLM 944; KPS2; Kyungkijaerae 16 and VC 1168D/VC1560A for Kamboinsé a relatively more humid zone.

KEYWORDS: Mungbean (Vigna radiata), Genotypes Environment Interaction, GGE-biplot, Multi location trial, Burkina Faso.

1 INTRODUCTION

Mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] is an important annual, self-pollinating, widely distributed grain legume. It is cultivated throughout Asia, Australia, the West Indies, South and North America, tropical and subtropical Africa. And according to [1], on account of its short duration, photo insensitivity, and dense crop canopy, it assumes special significance in crop intensification, diversification, and conservation of natural resources and sustainability of production systems. In Burkina Faso its cultivation is in its infancy, which makes it a minor crop. Recently, fifty (50) accessions have been introduced in Burkina Faso and characterized and out of these 50 genotypes, 44 performed well at Kamboinsé However, plants have generally shown variations in their response to environmental changes. Therefore, according to [2], the cultivation of genotypes in various environments can be used as a tool to identify the highest yielding and most stable genotypes. Thus, as reported by [3], the selection of climatic stresses resistant lines is crucial for proper introduction into the country's cropping system and for further work, it is necessary to study the performance of all these mung bean lines in different locations of the country. Also, GGE (Genotype and Genotype-by-Environment) biplot a methodology to have a visual analysis of the Genotype (G) by Environment (E) interaction pattern of multi-environment trial data were suggested by [4] and [5] So, the present study reports a genotype-environment interaction (GEI) study using GGE biplot analysis in order to identify mungbean stable lines and best environments for further studies on this orphan legume in Burkina Faso.

Corresponding Author: Zida Wend-Pagnagde Felicien Marie Serge

2 MATERIAL AND METHOD

2.1 EXPERIMENTATION SITES

The experimentations were conducted in Burkina Faso under rainfed conditions during 2018 cropping season in three Locations distributed in two agro-climatiques zones: Kamboinsé and Saria located in Soudano-Sahelian zone and which registered a rainfall of respectively 833.5 mm and 879.5mm while Pobé in the driest part of the country, the Sahelian Zone received a rainfall of 594.3 mm (Table 1).

Table 1. Location and rainfall data of experimental sites

Sites	Rainfall (mm)	Planting date	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Saria	879.5	25/07/2018	12° 16 N	2° 9 W	488
Kamboinsé	833.9	25/07/2018	12 ° 27 N	1° 32 W	296
Pobé	594.3	21/07/2018	13°58 N	1°44 W	334

2.2 PLANT MATERIAL AND EXPERIMENTAL DESIGN

Forty-four (44), mung bean lines imported from the Australian Genebank were used in this study. For each location involved in this experimentation, lines were planted following an augmented block design in three blocks as described by [6], using a cowpea variety as a check crop. Each genotype in each environment was randomly assigned and planted in a single row of 03 m long, keeping inter-row and intra-row spacing of 50 cm and 60 cm respectively. Each experimental plot received all management practices equally and appropriately according to the recommendations for mung bean cultivation. At maturity, seed were harvested per plant on each line in each location weighted and analyzed.

2.3 DATA ANALYSIS

Data from all locations were pooled and tested for the presence of significant G×E by using combined analysis of variance. In order evaluate the stability and adaptability of genotype and also suitability of environment, GGE biplot analysis was performed, considering the simplified model for two main components. [7] reported that GGE analysis partitions G + GE into principal components through singular value decomposition of environmentally centered yield data. The Analysis of pulled variance and GGE Biplot were carried out using the GenStat version 12 [8].

3 RESULTS AND DISCUSSIONS

3.1 RESULTS

Seeds harvested per plant during these multi-location trials, on each accession in each location as well as the average value of total seeds harvested in each location are reported in table 2.

Table 2. Mung bean line seed harvested per plant weight and means per location

GENOTYPES	Seeds harvested/pl (gr)			
	Kamboinsé	Saria	Pobé	Mean/accession
22	44.2	3.65	15.47	21.11
9154	31.1	6.87	65.33	34.43
13584	10.5	1.37	17.2	9.69
13644	32.97	3.35	0	12.11
13674	18.04	6.08	33.38	19.17
CES 1d-21/PHLV 18	39.57	4.72	19.9	21.4
Chunbukjaerae 2	14.71	0.45	0	5.05
Chunbukjaerae 7	29.63	14.15	27.8	23.86
CO 1	14.3	6.27	32.65	17.74
CPI 29755	25.3	11.23	0	12.18
CPI 32968	22.91	3.73	6.65	11.1
DAU XANH	31.44	11.3	16.6	19.78
Emerald	35.91	3.04	4.3	14.42
EWVN	19.17	0	4.32	7.83
IBS 3317	26.24	3.82	31.6	20.55
King	29.19	13.77	35.83	26.26
KPS1	14.47	12.03	7.15	11.22
KPS2	49.26	6.28	37.48	31.01
Kyungkijaerae 16	50.99	12.1	26.9	30
M 9	37.09	6.36	26.55	23.33
NM 92	29.39	4.5	15.64	16.51
NM 94	28.87	15.12	54	32.66
PLM 944	45.77	14.35	0	20.04
Q14723	30.27	8.93	13.1	17.43
Q14724	35.2	0.3	24.8	20.1
Q14725	22.23	4.33	0	8.85
Q14726	27.84	4.02	30.72	20.86
Q14728	43.2	4.6	26	24.6
Q14729	18.11	9.45	6.4	11.32
Q14732	23.23	10.92	21.53	18.56
Satin	38.09	5.02	12.6	18.57
Shanhua 1/VC1163A	30.5	3.15	10.18	14.61
Shantung	45.53	5.1	2.78	17.8
V 2709	40.73	7.7	43.57	30.67
V 2802	22.51	10.67	5.34	12.84
VC 1131A/VC 1163B	20.04	6.46	10.88	12.46
VC 1168D/VC1560A	70.9	7.5	26.26	34.89
VC 1177B/VC 1647 A	14.35	3.5	35.7	17.85
VC 1301 /PHLV 18	14.43	7.5	19.76	13.9
VC 1481A/VC 1560A	25.13	8.25	46.93	26.77
VC 1560 C /VC 1628 A	36.17	3.06	13.83	17.69
VC 2764A/VC 3826	30.74	7.5	29.04	22.43
VC6372 (45-8-1)	20.16	1.05	7.32	9.51
White gold	31.38	0.3	36.95	22.88
Min	10.5	0	0	5.05
Max	70.9	15.12	65. 33	34.89
Means	30.04	6.45	20.51	19

3.1.1 Descriptive Statistics Of Seed Harvested Per Plant During The Multilocation Trial

The average value of mung bean seeds harvested per plant varied from one site to another as it can be seen on Table 2. Thus, the lowest average value was observed in Saria with 6.45g/pl while the highest average values, observed in Kamboinse and Pobé where respectively 30.04g and 20.51g. The highest value of this trait was 70.9g seeds per plant and was recorded on genotype VC1168D/VC1560A in Kamboinsé. Apart from the fact that some accessions did not produce in Saria and Pobé, the lowest weight of harvested seeds per plant (0.3gr), was recorded in Saria on the genotypes Q14724 and White Gold. In two locations out of the three. some genotypes did not produce. These are the sites of Saria with genotype EWVN and Pobé where five genotypes out of 44 did not produce: namely: CPI 29755; Chunbukjaerae 2; 13644; PLM 944 and Q14725. Overall, the least favorable environment seems to be Saria where the lowest values of the studied trait were recorded. Box plot in Figure 1 is an illustration of the relative performance of the different accessions in each site. It shows that. Kamboinsé has the highest average yield (30.04 g/pl) followed by Pobé (20.51 g/pl) and then comes Saria with an average value of 6.45 g/pl. So. Saria appears to have been the least favorable out of the three experimental sites (fig1).

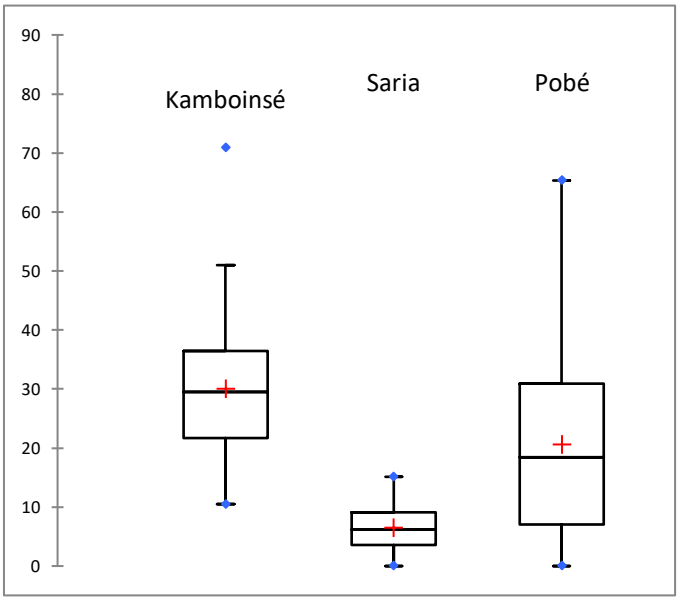


Fig. 1. Box-plot showing variation of seeds per plant in each location

3.1.2 Analysis Of Variance For Seeds Harvested Per Plant

Table 3 presents the result of the combined analysis of variance (ANOVA) for seeds harvested per plant. The ANOVA were highly significant (P<0.001) for the genotype. site (environment) and significant for the genotype-environment interactions (GEI). However, regarding the contribution of each factor to the expression of the seeds harvested per plant, it appears that the highest contribution is due to the genotype with 61.43% then the GEI with 29.41% and finally the effect of the environment which has the lowest contribution with 6.55%.

Table 3. Results of analysis of variance for seeds harvested per plant on mungbean lines

Source de variation	d. f.	SS	m. s.	F pr.	% ss
Genotypes	44	74207.4	1686.5***	<0.001	**61.43**
Sites	2	7241.7	3620.8***	<0.001	**6.55**
Genotypes x Sites	88	35538.1	403.8**	0.006	**29.41**
residuelle	24	3811.5	158.8		2.61
Total	158	120798.6	764.5		-

3.1.3 Environmental Stability Study Using GGE Biplot Model

Figure 2 is a graphic displaying a vectorial view of the environments following a GGE-biplot analysis. Vectors represented in this figure are called environmental vectors and were used in this study to identify the best environments for selecting the best mungbean

genotypes. This selection is based on the genotype's discrimination capacity by the different locations or environments. Also, according to [9], a long environment vector reveals a strong capacity to discriminate genotypes and the cosine of the angle between two environments sheds light on the correlation between them. Based on this, results shows that the principal components 1 and 2 (PC1 and PC2) of the biplot (fig2) represents respectively 61.67% and 34.38% of the genotype and genotype-by-environment interaction (GGE) for a total of 96.05% to the total variation. Also, the lines that connect the experimental sites (environments) to the origin of this biplot called environmental vectors. So. regarding to the angle formed by the different environmental vectors in our study. two groups of environments can be distinguished: the first one is Pobé and Saria, which seem to be correlated because of the acute angle between the vectors of the two sites. the second group being Kamboinsé. However, out of the three environments, the longest vector since the origin was observed respectively for the Pobé site, followed by Kamboinsé and finally Saria, for studied trait. Inconsequence, Pobe and Kamboinsé are the most discriminating environments of the three experimental sites. Saria, whose vector is the shortest from the origin, is a less discriminating and less productive environment. So, Pobé and Kamboinsé could be considered at this stage as the best environments for the selection of specifically adapted genotypes with high yields in terms of seeds harvested per plant

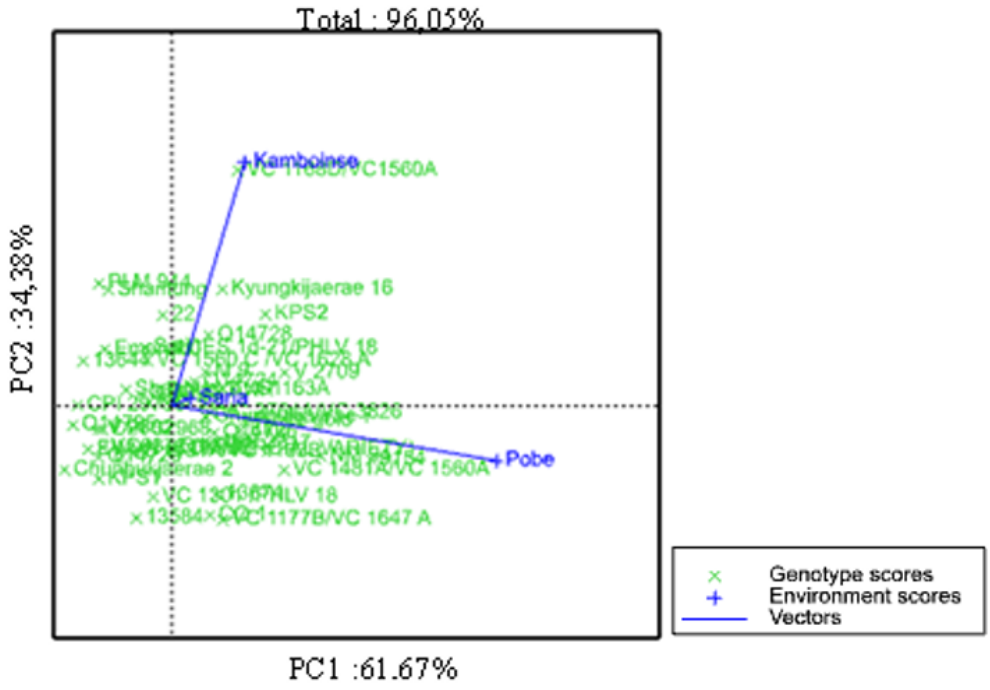


Fig. 2. GGE biplot showing 44 mung bean accessions in three different environments and their corresponding environmental vectors

3.1.4 IDENTIFICATION OF STABLE GENOTYPES USING THE GGE-BIPLOT PROJECTION

The GGE dual projection has the ability to identify stable genotypes across different determining environments. Thus, the polygon in Figure 3 is formed by connecting the genotypes furthest from the origin of the double projection graph so that all remaining genotypes are contained within the polygon. In our study, in terms of seeds harvested per plant, the analysis of this double projection showed a polygon divided into six vertices. The best but also the worst performing genotypes (VC1168D/VC1560A; 9154; VC1177B/VC1647; 13584; Chunbukjaereae2 and PLM944) are located on the vertices of the polygon. According to [10] genotypes located on the polygon vertices performed best or worst in one or more environments. Indeed, among the accessions located at the polygon peaks, there are accessions that have recorded the worst performance, therefore, linked to no test site. These genotypes seem to be poorly adapted to the three experimental sites. These are genotypes Chunbukjaerae2 and 13584.

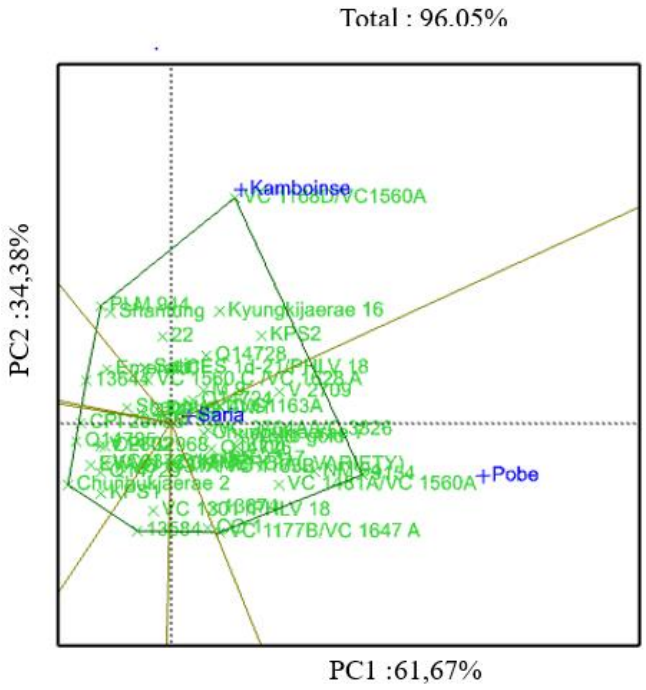


Fig. 3. Polygonal view of the GGE biplot for stable accessions for grain yield per plant

3.2 DISCUSSION

seeds harvested per plant evaluation as important yield related trait is justified in this study because of its strong and positive correlation with the other important components of yield [11]. So, based on this trait. the performance of the different lines observed in this study revealed significant difference among experimental sites in addition to those between lines following combined analysis of variance. Our results corroborate those of [12], [13] and confirm the presence of environmental influence on this important yield related trait [14]. Thus, while the highest averages were observed at the Kamboinsé and Pobé sites, very low values of seed harvested per plant were observed at Saria. Also, a highly significant differences between genotypes, locations and for genotype-by-environment-interactions were confirmed by analysis of variance. This indicates the presence of genetic variability between genotypes as well as between environments (experimental sites) for seeds harvested per plant. However, the largest contribution to this variability is due to genotypes with 61. 43% of the total variability. Locations (environments) and genotype-by-environment interactions together contribute 35.96% of the total variability. This contribution, although comparatively small, is significant and explain why the performance of the different genotypes varied from one experimental site to another. The significant contributions of the factors "Genotype (G) " and "Genotype x Environment (GxE) Interaction" make these two factors relevant for the multi-environmental evaluation of these mung bean accessions as reported by [14]. So, the significance of genotype x environment interaction deserves high priority in any crop improvement program [12]. Also, [12] reported that GGE-biplot analysis facilitates the evaluation of target regions for their discriminatory ability and representativeness for different genotypes in a trial. In fact, Pobé, Saria and Kamboinsé are located to different agro-climatic zones [15] and so, experience rainfall that varied in time and space, which would have influenced the performance of mung bean accessions. Pobé (in the Sahelian) zone with 594.3 mm and Kamboinsé with 833. 9 received less water than Saria (872.5mm). Also. despite the fact that Kamboinsé and Saria belong to the same agro-climatique zone (Sudano-Sahelian zone), different rainfall amounts and temporal distributions were observed in these two locations. Also, the heavy rains received by Saria in a short time and at a critical period of the plant development, may have affected mung bean production. In contrast to Kamboinsé where they were more spread out and to Pobé with much lower rainfall. According to [16], heavy rains in the middle of pod ripening can cause premature germination and lead to the formation of low-quality seeds, in addition to the root damage that [17] reported in submerged areas. The relatively good performance of majority of these accessions in Pobé and Kamboinsé despite the fact that these two sites belong to very distinct climatic zones, with Pobé being in the most arid zone, is due to the fact that mung bean is a drought tolerant legume and its cultivation therefore does not require large amounts of water [18]. The adaptability of these mung bean accessions to different growing areas, based on the spatio-temporal distribution of rainfall, was revealed by seeds harvested per plant. Indeed, at this stage of the experiments, some genotypes seem more or less adapted than others to one or more environments. However, very abundant rainfall over a short period of time may have affected the productivity of mung bean in Saria. The same situation was reported by [11]. Thus, based on the average performance in terms of seeds harvested per plant, accessions V 2709; VC 1481A/VC 1560A; NM 94 and 9154 were the best at Pobé, while PLM 944; KPS2; Kyungkijaerae 16 and VC 1168D/VC1560A were the best at Kamboinsé. Indeed, according to [19], [20], in multi-location yield trials changes in the relative ranking of genotypes from one environment to another may result from genotype by

environment interactions that may occur. In this study, the contribution of genotype x environment interactions (GEIs) to the expression of variability was 29.61%. Based on this contribution, GGE biplot analysis allowed us to identify the most favorable environments for mung bean experimentation in terms of the seeds harvested per plant. These sites are: Kamboinsé and Pobé. These two sites, due to the average performance of the accessions, which resulted in relatively long environmental vectors in the GGE biplot analysis, are the most discriminating sites and the most favorable for identifying specifically adapted mung bean genotypes. Also, a strong correlation may exist between the site of Pobé and that of Saria even if this last one did not constitute a favorable site at this stage of the experiments. This correlation between these two sites could be judiciously exploited if it is confirmed following additional experiments. The presence of close associations between different environments suggests that the same information about genotypes in experimentation could be obtained from fewer test environments and thus, the possibility of reducing the cost of testing [21]. But Promising genotypes need to be evaluated in multi-environmental test over several years for identification of the stable and widely adapted genotypes [12]. This study also identified the most stable genotypes, regardless of whether they were high or low yielding in terms of seeds harvested per plant. [11] reported that the ranking performed by the GGE biplot analysis is not only based on yield but also on stability. Also. according to [22], low-yielding genotypes in poor environments tend to be in the lower left quadrant as is the case in our study of genotypes: Chunbukjaerae2 and 13584 which averaged 5. 05 g/pl and 9.69 g/pl. respectively. This is also the case for the genotype EWVN (Commercial variety) with 7.83g/pl.

4 CONCLUSION

The variability of responses of the different mung bean accessions regarding the experimental sites, analyzed using the GGE double projection, allows at this stage to identify the environments that are favorable for future experiments, and the best performing genotypes by location. So, at this stage of the experiments, the sites of Kamboinsé and Pobé seem to be the most favorable for mung bean cultivation. In addition, and an important outcome for this study is that the best performing accessions in Pobé area which is the driest part of the country appear to be accessions adapted to drought. However, it would be necessary to conduct additional trial in terms of year and environment in order to better study the adaptability of mung bean in Burkina Faso and to identify genotypes with broad adaptation. i.e., covering the different agroclimatic zones of the country.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors gratefully acknowledge the Kirkhouse Trust SCIO (STOL-program) for the financial and technical support provided. Thanks to Australian Grains GeneBank who kindly shared with us mung bean seeds

REFERENCES

[1] Gunjeet KAUR. Anurabh JOSHI. Devendra JAIN. Ravish CHOUDHARY and Divya VYAS (2016): Diversity analysis of green gram (Vigna radiata (L.) Wilczek) through morphological and molecular markers. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 40: 229-240. © TUBİTAK doi: 10.3906/tar-1508-59.

[2] Fan X. M., Kang. M. S., Chen. H., Zhang. Y., Tan. J. and Xu. C. (2007): Yield stability of maize hybrids evaluated in multienvironment trials in Yunnan. China. Agron. J. 99: 220_228.

[3] Allard R.W., Bradshaw A.D., (1964): Implication of genotype-environment interaction in applied breeding. Crop Sci. 4: 503-508.

[4] Yan. W., (1999): Methodology of cultivar evaluation based on yield trial data-with special reference to winter wheat in Ontario. Ph.D dissertation. University of Guelph. Guelph.ON.

[5] Yan W., Hunt. L. A., Sheng Q., and Szlavnics. Z. (2000): Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on GGE biplot. Crop Science. 40.597-605.https://doi.org/10.2135/cropsci2000.403597x.

[6] Federer W. T. (1956): Augmented (or hoonuiaku) designs. Hawaiian Planters' Record LV (2): 191-208.

[7] Yan W. (2001): GGE-biplot a Windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data. Agronomy Journal. 93.1111-1118.https://doi.org/10.2134/agronj2001.9351111x.

[8] GenStat. (2009): GenStat for Windows (12th Edition) Introduction. VSN International. Hemel Hempstead.

[9] Yan W., and Hunt. L. A., (2001): Genetic and environmental causes of G_E interaction for winter wheat yield in Ontario. Crop Sci. 41: 19_25.

[10] Yan W., and Kang M.S. (2003): GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, In: Kang, M. S. (ed.), Geneticists and Agronomist. FL: CRC Press, Boca Raton. pp. 63-88.

[11] Yadav S.M., Prakash Ved, and Khedar O.P. (2017): Gene action of yield and its contributing characters in mungbean [Vigna radiata (L.) Wilczek] under different environments.

[12] Ullah Hidayat, Iftikhar Khalil Hussain, Durrishahwar, Iltafullah, Khalil Ibni Amin, Fayaz Muhammad, Yan Jianbingand Farhan (2012): high yielding and stable Mung bean [Vigna radiata (L.) Wilczek] genotypes using GGE biplot techniques. Can. J. Plant Sci. (2012) 92: 951_960 doi: 10.4141/CJPS2011-162.

[13] Nath Disharee and Dasgupta Tapash (2013): Genotype × Environment Interaction and Stability Analysis in Mungbean. IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS) e-ISSN: 2319-2380. p-ISSN: 2319-2372. Volume 5. Issue 1 (Sep.- Oct. 2013). PP 62-70 www.iosrjournals.org

[14] Degefa I., Petro Y., et Andargie M. (2014): Genetic variability. heritability and genetic advance in Mung bean [Vigna radiata (L.) Wilczek] accessions. Plant Science Today. 1 (2). 94-98. http://dx.doi.org/10.14719/pst.2014.1.2.54.

[15] Ouedraogo Mathieu (2012): Impact des changements climatiques sur les revenus agricoles au Burkina Faso. Journal of Agriculture and Environment for International Development - JAEID 2012. 106 (1): 3 – 21.

[16] Nair M. Ramakrishnan. Abhay K. Pandey, Abdul R. War 1., Bindumadhava Hanumantharao., Tun Shwe., AKMM Alam., Aditya Pratap, Shahid R., Malik., Rael Karimi, Emmanuel K., Mbeyagala Colin, Douglas A., Jagadish Rane, and Roland Schafleitner (2019): Biotic and Abiotic Constraints in Mungbean Production Progress in Genetic Improvement. Frontiers in Plant Science www.frontiersin.org. Volume10. Article 1340. doi: 10.3389/fpls.2019.01340.

[17] Ahmed. F., Rafii. M. Y., Ismail. M. R., Juraimi. A. S., Rahim. H. A., Asfaliza. R., (2013): Waterlogging tolerance of crops: breeding. mechanism of tolerance. molecular approaches. and future prospects. BioMed. Res. Int. (963525). 10 doi: 10.1155/2013/963525.

[18] Heuzé V., Tran G., Bastianelli D., Lebas F., (2015): Mung bean [Vigna radiata (L.) Wilczek]. Feedipedia. a programme by INRA. CIRAD. AFZ and FAO. http://www.feedipedia.org/node/235 Last updated on July 3. 2015. 10: 04.

[19] Ceccarelli, S., Grando, S. and Booth, R. H., (2006): International Breeding Programmes and Resource-poor Farmers: Crop Improvement in Difficult Environments. The International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria.

[20] Asfaw A., Gurum F., Alemayehu F., and Rezene. Y. (2012): Analysis of multienvironment grain yield trials in mung bean Vigna radiata (L.) wilczek based on GGE bipot in Southern Ethiopia. J. Agr. Sci. Tech. 14. 389–398.

[21] Yayis Rezene (2019): GGE-biplots analysis of multi-environments yield trials of common bean (Phaseolus vulgaris L) in southern Ethiopia.

[22] Kroonenberg. P. M. (1995): Introduction to biplots for G_E tables. Research Report No. 51. Centre for statistics. The University of Queensland. Queensland. Australia. 22 pp.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 4 Jun. 2023, pp. 1706-1716
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Facteurs associés à l'autonomisation des femmes à N'Djaména, Tchad

[Factors associated with women's empowerment in N'Djamena, Chad]

Gloria Ronel[1] and Miangotar Yode[2]

[1]Département de Géographie, Université de N'Djaména, Chad

[2]Département de Géographie, Université de N'Djaména, Centre de recherche sur les populations et les sociétés africaines (CREPOSA), Chad

Copyright © 2023 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 determine the factors associated with the economic empowerment of women in unions, measured in terms of decision-making power on keeping and use of their own income. A cross-sectional, and mixed (quantitative and qualitative), study was conducted from 2018 to 2019. A total of 216 women chosen individually and 5 groups of women in unions in the 6th arrondissement commune of the city of N'Djaména, the capital of Chad, participated in this study. Stratified random sampling and purposive sampling were used. A questionnaire and a semi-structured interview guide in focus groups were used for data collection. A logistic link was used to identify factors associated with women's empowerment. Of the total number of women interviewed (216), 83.3% stated that they decide for themselves on the custody of their income and 86.6% felt that they decided on the use. Women's power to decide on the custody and use of their income is influenced by factors relating to the pre-marriage environment, the socio-economic status of parents or guardians, husbands and the women themselves. The focus group data shows that women generally believe that decisions made by themselves are necessary to enable them to develop their intellectual capacity, know-how and competence in the face of life's responsibilities.

KEYWORDS: Empowerment, Decision-making power, Women in Union, N'Djamena.

RESUME: L'objectif de cette étude est de déterminer les facteurs associés à l'autonomisation économique des femmes en union, mesurée sous l'angle de pouvoir décisionnel sur la garde et l'utilisation de leurs propres revenus. Une étude transversale, et mixte (quantitative et qualitative), a été conduite de 2018 à 2019. Un total de 216 femmes prises individuellement et de 5 groupes de femmes en union de la commune du 6ème arrondissement de la ville de N'Djaména, capitale du Tchad, ont participé à cette étude. Un échantillonnage aléatoire stratifié et un échantillonnage intentionnel ont été appliqués. Un questionnaire et un guide d'entrevue semi-structuré dans les focus group ont été utilisés pour le recueil des données. Un lien logistique a été utilisé pour identifier les facteurs associés à l'autonomisation des femmes. Sur le total des femmes interrogées (216), 83,3% déclarent décider elles-mêmes de la garde de leurs revenus et 86,6% estiment décider de l'utilisation. Le pouvoir de décisions des femmes sur la garde et l'utilisation de leurs revenus est influencé par les facteurs relevant de l'environnement de vie avant union, les statuts socioéconomiques des parents ou tuteurs, des maris et des femmes elles-mêmes. Il ressort de l'exploitation des données des focus group que les femmes pensent qu'en général les décisions prises par elles-mêmes sont nécessaire pour leur permettre de mettre en valeur leur capacité intellectuelle, leur savoir-faire et compétence face aux responsabilités de la vie.

MOTS-CLEFS: Autonomisation, Pouvoir de décision, Femmes en union, N'Djaména.

1 INTRODUCTION

Les femmes sont au cœur des activités de la vie en société. Dans le ménage, elles jouent les rôles d'épouse et de mère, tandis que dans la communauté elles sont les actrices des activités économiques, socioculturelles et politiques. A travers leurs travaux, aussi bien dans le ménage que hors de celui-ci, elles contribuent à faire vivre la famille et la société. En Afrique, cette contribution des femmes est soumise à des défis quasi permanents, découlant des constructions sociales et culturelles [1]. En effet, il existe une inégalité en défaveur des femmes en matière de droit, de liberté, d'accès aux ressources et de prise de décision [2], [3], [4]. Pourtant, les pays africains se sont engagés depuis plusieurs années, sur le plan international, à améliorer le statut des femmes et à valoriser leur contribution dans le développement. Cela s'est traduit, entre autres, dans la « Déclaration solennelle sur l'égalité de sexes en Afrique » et le « Protocole à la Charte Africaine des Droits de l'Homme et des peuples relatifs aux droits des femmes ».

Corresponding Author: Gloria Ronel

Le présent article recourt à l'approche de l'autonomisation, ou d'« empowerment », pour analyser le statut des femmes tchadiennes dans les ménages. Cette approche a le mérite d'analyser la nature et les raisons des discriminations dont sont victimes les femmes [5], [6]. Elle part du constat que certaines personnes ne possèdent ou ont la perception de ne pas posséder le pouvoir sur les ressources dont elles ont besoin pour assurer leur bien-être [7]. L'article s'intéresse à l'autonomisation économique des femmes, qui serait le moyen approprié pour remédier aux discriminations subies, en accroissant la capacité des femmes d'acquérir une liberté d'action et d'influence sur le changement [1], [8], [9]. L'autonomisation économique comporte deux volets: les ressources et les possibilités. Le volet « ressources » promeut les opportunités qui doivent s'exprimer en termes d'accès aux crédits, d'accès à l'emploi, à la terre puis le développement de l'entrepreneuriat qui donnera aux femmes une certaine capacité de gestion. Le volet « possibilités » prône le renforcement de droits des femmes qui doivent leur permettre d'avoir accès à la terre, de développer des possibilités favorables pour améliorer leur production économique.

A l'instar des autres pays africains, le Tchad a souscrit aux engagements internationaux en faveur de l'amélioration du statut et du rôle des femmes. Il a élaboré et mis en œuvre des politiques et des stratégies en faveur des femmes, en particulier la Politique Nationale du Genre (PNG) en 2011 [10]. D'importants projets ont aussi vu le jour et la dernière en date, toujours en cours d'exécution, est le projet « *Autonomisation des femmes et dividende démographique au Sahel* ». De même, plusieurs lois ont été adoptées pour combattre les discriminations envers les femmes. Malgré ces efforts, on constate que les inégalités persistent en matière de droits, de libertés, d'accès aux ressources et de prise de décision. Les femmes tchadiennes sont plus défavorisées sur les plans éducatif et économique. Selon les résultats de l'Enquête Démographique et de Santé et à Indicateurs Multiples, la proportion des femmes sans instruction est de 62%, contre 36% des hommes [11]. Au cours des 12 mois ayant précédé l'enquête, 48,9% des femmes de 15-49 ans n'ont pas travaillé, contre 11,5% des hommes. Chez les femmes en union, même si 53% travaillaient au cours de la période, dans 15% des cas, elles ont déclaré que c'est le conjoint seul qui décidait de l'utilisation de leurs gains.

Aucun travail de recherche n'a été conduit au Tchad pour évaluer les facteurs qui influencent la situation des femmes dans les ménages, en termes de pouvoir d'accès et de gestion des ressources. Il est donc important de mieux connaitre ces facteurs afin de fournir aux décideurs les données nécessaires pour asseoir des stratégies et des politiques susceptibles d'améliorer durablement la situation des femmes. La présente recherche vise à déterminer les facteurs associés à l'autonomisation économique des femmes en union, mesurée sous l'angle de pouvoir décisionnel sur la garde et l'utilisation de leurs propres revenus. La recherche porte sur les femmes en union résidant dans le 6ème arrondissement de la ville de N'Djaména, la capitale du Tchad. Il s'agit d'une étude transversale et mixte, car utilisant les données quantitatives et qualitatives.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 CONCEPTUALISATION

La recherche repose sur l'hypothèse que le pouvoir décisionnel des femmes est influencé par leurs environnements de vie avant union, les statuts socioéconomiques de leurs parents ou tuteurs, de leurs maris et d'elles-mêmes.

Dans les jeunes âges, les filles sont élevées dans les cercles familiaux et communautaires au sein desquels résident leurs parents ou leurs tuteurs. Elles fréquentent ainsi les populations et les institutions relevant de cette communauté, qui peut être urbaine ou rurale. Elles se réalisent aussi dans cet environnement. Les caractéristiques propres à cet environnement contribueront à forger les traits de comportement des filles aux âges adultes pour leur autonomisation, à travers des acquis culturels et des pratiques.

Au sein du ménage de résidence de la jeune fille, ce sont les parents et les tuteurs qui, par leurs connaissances, attitudes et pratiques forgent le comportement futur de la jeune fille pour son autonomisation dans le couple. La contribution des parents ou des tuteurs à la socialisation de la jeune fille dépend de leurs caractéristiques socioculturelles et économiques.

Les caractéristiques du conjoint d'une femme sont déterminantes pour l'autonomisation de cette dernière. L'accès à la scolarisation prédispose certains conjoints à accorder plus d'autonomie aux conjointes. Les autres traits du conjoint susceptibles de favoriser l'autonomisation de la femme sont d'ordre socioéconomique.

La capacité d'une femme à être autonome, particulièrement en matière de prise de décision, dépend de ses propres caractéristiques. Par exemple, l'accès à la scolarisation, à un emploi ou à un revenu sont des éléments qui contribuent à rendre plus autonomes les femmes dans un couple.

2.2 CIBLE ET SITE DE LA RECHERCHE

La population cible à l'étude est constituée des femmes en union de la commune du 6ème arrondissement de la ville de N'Djaména, capitale du Tchad. Ces femmes peuvent être de travailleuses, des entrepreneures, des commerçantes, des ménagères, etc. Un échantillon de 216 femmes a été déterminé. En l'absence d'une liste des ménages du 6ème arrondissement et d'une base de données récente de la population de la ville, le fichier « villages » du Deuxième Recensement général de la population et de l'habitat (RGPH2) de 2009 a servi de base pour la sélection des ménages et des femmes enquêtées. Un échantillonnage aléatoire stratifié suivant les quartiers et les carrés a été appliqué pour le tirage de l'échantillon de 216 femmes, tandis que les membres des 5 groupes ont été recrutés suivant leur disponibilité.

La commune est limitée au Nord par l'Avenue Charles De Gaulle, au Sud par le fleuve Chari, à l'Est par la première voie de contournement dans le prolongement du Pont Chagoua et à l'Ouest par le Canal d'Ardeb-djoumal. Avec une superficie de 430 hectares, elle est la plus petite des 10 communes de la ville de N'Djamena. Elle regroupe deux quartiers à savoir Pari-Congo et Moursal subdivisés en 27 carrés. Ces deux quartiers sont les plus vieux des quartiers de N'Djamena.

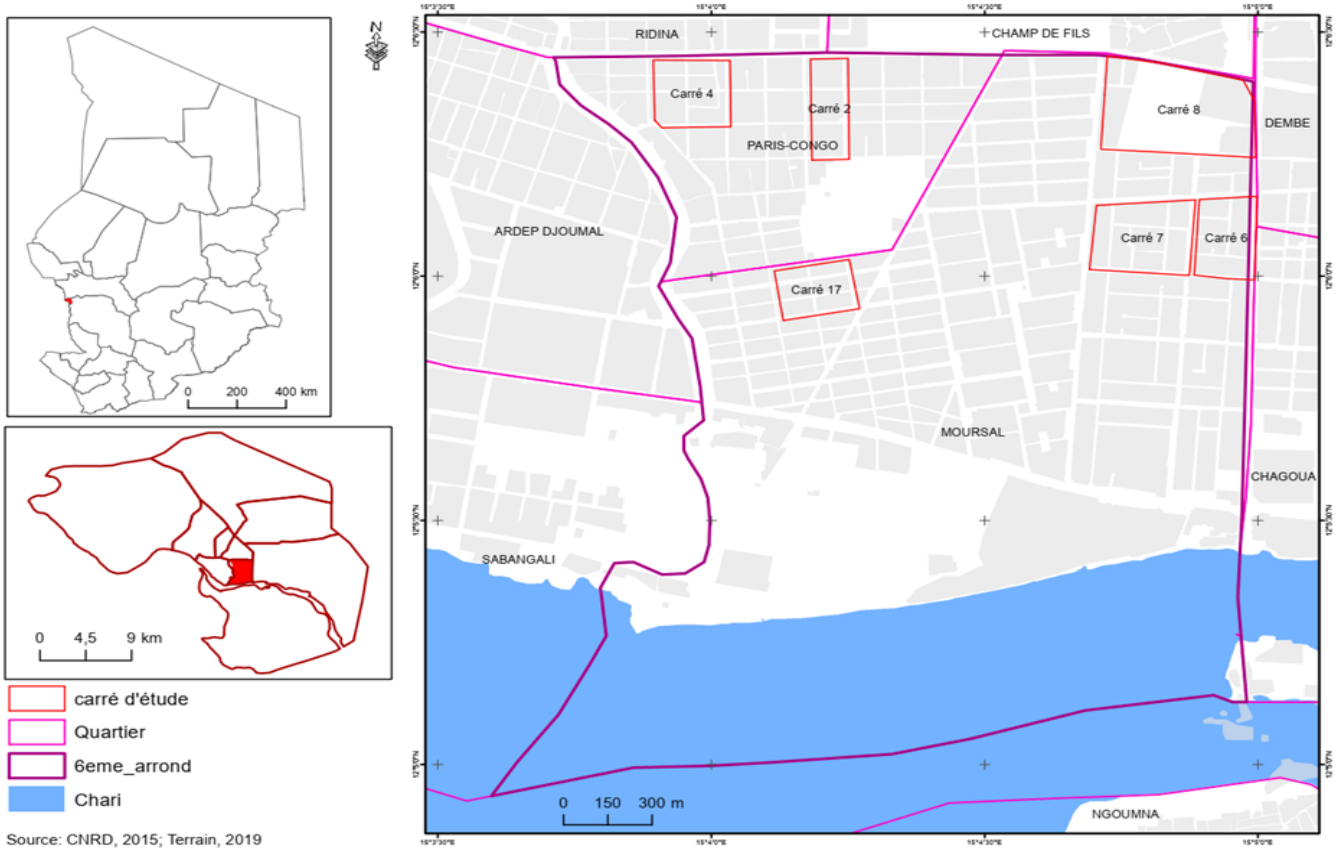


Fig. 1. Carte de la zone d'étude

2.3 Outils Et Collecte De Donnees

Les données ont été collectées au moyen d'un questionnaire et d'un guide d'entrevue semi-structuré. Le questionnaire « Femmes » de l'EDS-MICS de 2014-2015 [11], en particulier le module 8 (caractéristique du mari et travail de la femme), a servi de base pour l'élaboration du questionnaire de l'étude, qui porte sur les caractéristiques des parents de la femme en union, son statut dans la famille d'origine, son statut socioéconomique et professionnel au moment de l'enquête et son autonomisation. Le guide d'entrevue aborde l'importance de prendre seule les décisions, le profil des preneuses de décisions, la capacité décisionnelle de la femme et son avantage dans l'amélioration de ses conditions de vie, les interventions nécessaires pour renforcer les capacités décisionnelles des femmes.

Les données ont été collectées de juin 2018 à janvier 2019, par l'équipe des investigateurs, appuyée par des enquêteurs. Développés en français, les outils ont été administrés en français ou dans deux langues locales couramment parlées à N'Djaména, notamment l'Arabe tchadien et le Sara. Le consentement libre et éclairé des participantes est obtenu avant la séance d'entretien ou de focus group. L'enquête par questionnaire a couvert 216 femmes (73 du quartier Paris-Congo et 143 du quartier Moursal) et le focus group a été conduit dans 5 groupes (1. Travailleuses dans le secteur formel, 2. Travailleuses dans le secteur informel ou commerçantes, 3. Femmes âgées de 45 ans et plus, sans distinction de statut économique, 4. Femmes âgées de 20 à 30 ans, sans distinction de statut économique, 5. Ménagères, sans activité économique).

2.4 Saisie, Traitement Et Analyse Des Donnees

Les données collectées au moyen du questionnaire ont été saisies à l'aide de Epidata, puis exportées sous SPSS pour le traitement. La base de données ainsi nettoyée a servi à produire des résultats sous la forme des tableaux croisés et des figures pour l'analyse. Un lien logistique a été utilisé pour identifier les facteurs associés à l'autonomisation des femmes.

Les données des focus group ont été saisies grâce au logiciel Word. Par la suite, elles ont été corrigées puis organisées dans une perspective de comparaison entre les groupes. L'analyse est basée sur le contenu des réponses fournies par chaque groupe. Ce qui a permis

d'identifier des points de convergence et de divergence entre les femmes sur leur capacité de prise de décision au sein des ménages. Les résultats des analyses qualitatives ont été utilisés pour expliquer ou nuancer les résultats fournis par les données quantitatives.

3 RESULTATS

3.1 CARACTERISTIQUES DES FEMMES ENQUETEES

Les données ont été collectées suivant deux méthodes: la collecte des données quantitatives (questionnaire) et la collecte des données qualitatives (focus group). Les caractéristiques des répondantes et des groupes de répondantes sont présentées dans les tableaux 1 et 2, ci-dessous. Les participantes à l'étude ont des profils diversifiés sur les différentes caractéristiques explorées.

Tableau 1. Caractéristique des femmes enquêtées dans les ménages à travers le questionnaire

Variables	Répondantes	
	Effectif	Pourcentage
Environnements de vie de la femme avant union		
Lieu de naissance		
Milieu rural	110	50,9
Milieu urbain	106	49,1
La personne qui gardait souvent l'argent de la femme		
Moi-même	174	80,6
Père/Mère/Tuteur/tutrice	28	13,0
Autres	14	6,5
La personne qui décidait souvent de l'utilisation de l'argent de la femme		
Moi-même	175	81,0
Père/Mère/Tuteur/tutrice	27	12,5
Autres	14	6,5
Statut socioéconomique des parents ou tuteurs		
La personne avec qui la femme vivait avant l'union		
Parents biologiques	143	66,2
Tuteur-tutrice	60	27,8
Ami/Seule	13	6,0
Accès à la scolarisation du chef de ménage où vivait la femme avant union		
Oui école moderne	135	62,5
Oui école coranique	20	9,3
Non	61	28,2
Statut socioéconomique du conjoint		
Accès à la scolarisation		
Oui école moderne	178	82,4
Oui école coranique	20	9,3
Non	18	8,3
Occupation		
Aucune	28	13,0
Employé	119	55,1
Travailleur à son compte	69	31,9
Statut socioéconomique de la femme		
Groupe d'âge		
15-24 ans	53	24,5
24-34 ans	92	42,6
35-44 ans	50	23,2
45 ans et plus	21	9,7
Niveau d'instruction		
Sans instruction/école coranique	57	26,4
Primaire	34	15,7

Secondaire	77	35,7
Supérieur	48	22,2
Occupation		
Aucune	90	41,7
Employée	29	13,4
Travailleuse à son compte	97	44,9
Durée de vie commune		
Moins de cinq ans	84	38,9
Cinq à dix ans	66	30,6
Dix ans et plus	66	30,6
Total	**216**	**100,0**

Tableau 2. Caractéristiques des femmes rencontrées dans les Focus Group

Groupes/Niveau d'instruction	**Répondantes**	
	Effectif	**Pourcentage**
Femmes travailleuses dans le secteur formel		
Sans instruction	0	0,0
Primaire	0	0,0
Secondaire	4	66,7
Supérieur	2	33,3
Femmes travailleuses dans le secteur informel (commerçantes)		0,0
Sans instruction		0,0
Primaire	1	16,7
Secondaire	4	66,7
Supérieur	1	16,7
Femmes âgées de 45 ans et plus, sans distinction de statut économique		0,0
Sans instruction	1	16,7
Primaire	3	50,0
Secondaire	1	16,7
Supérieur	1	16,7
Femmes âgées de 20 à 30 ans, sans distinction de statut économique		0,0
Sans instruction	1	16,7
Primaire	3	50,0
Secondaire	1	16,7
Supérieur	1	16,7
Femmes ménagères, sans activité économique		0,0
Sans instruction	2	33,3
Primaire	3	50,0
Secondaire	1	16,7
Supérieur	0	0,0
Total par groupe	**6**	**100,0**

3.2 DECISION ACTUELLE SUR LA GARDE ET LA GESTION DE REVENUS DES FEMMES

L'autonomisation économique des femmes est mesurée sous l'angle de pouvoir décisionnel des femmes en union sur la garde et l'utilisation de leurs propres revenus.

Chercher à connaitre la possibilité pour les femmes de décider de la garde de leurs revenus est un des éléments pouvant déterminer le degré de leur autonomisation. Les femmes peuvent gagner de l'argent, mais savoir qui est censé garder cet argent permet de comprendre leur pouvoir sur le revenu. Les résultats présentés dans la figure 2 montrent que le pouvoir des femmes sur leur revenu est plus important. Sur le total des femmes interrogées (216), la majorité (83,3%) déclare décider elle-même de la garde de revenus contre 6,5% de cas où les maris décident et 10,2% où les parents ou les autres personnes décident.

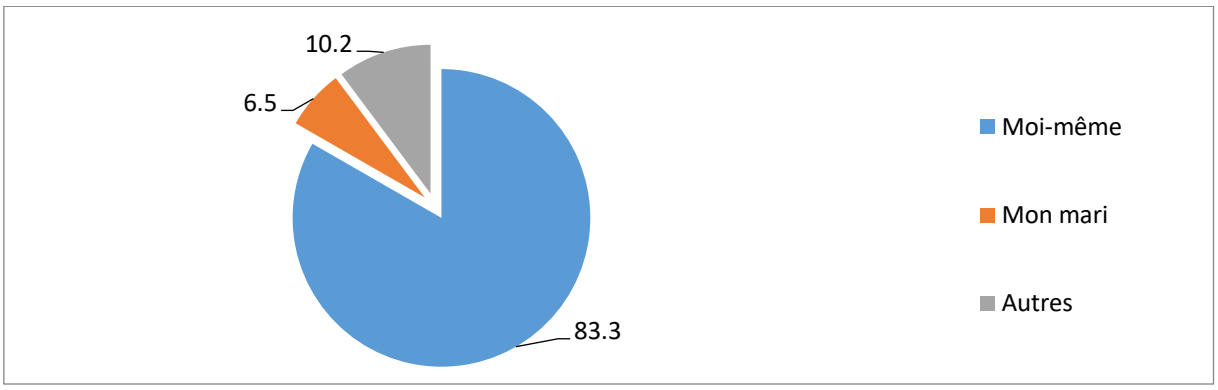


Fig. 2. Répartition (%) des femmes en union suivant la décision sur la garde de revenus

Le pouvoir dont disposent les femmes sur l'utilisation de leurs revenus fait partie des éléments clés qui permettent de mesurer leur autonomie économique. A la question de savoir qui décide de l'utilisation des revenus de la femme, les résultats montrent que dans 86,6% des cas, les femmes décident elles-mêmes de l'utilisation de leurs revenus contre 11,1% des cas où les maris décident et 2,3% où les parents ou les autres personnes décident (Figure 3).

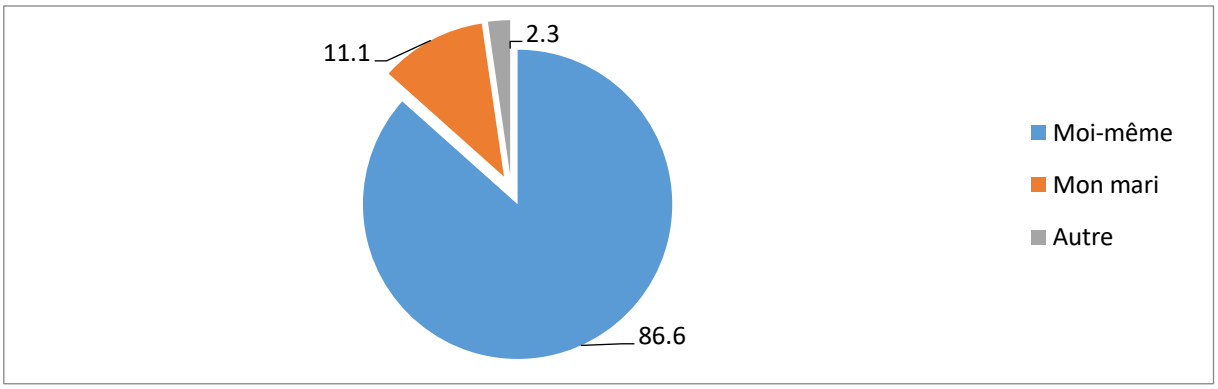


Fig. 3. Répartition (%) des femmes en union suivant la décision sur l'utilisation des revenus

3.3 Importance De La Prise De Decision Par La Femme Seule

Dans le couple, il arrive que la femme prenne seule la décision relative à la gestion de son revenu. La figure ci-dessous présente les résultats des appréciations des femmes sur l'importance de prendre seule la décision. Ainsi, la prise de décision personnelle semble être la plus appréciée des femmes du fait que la majorité (95,4%) en donne un avis favorable. Une telle prise de décision leur permet d'être autonome de leur mari (36,6%), de tester leur capacité morale et intellectuelle (29,6%), d'être capable de se défendre seule (17,6%), de dépendre d'elles-mêmes (11,6%).

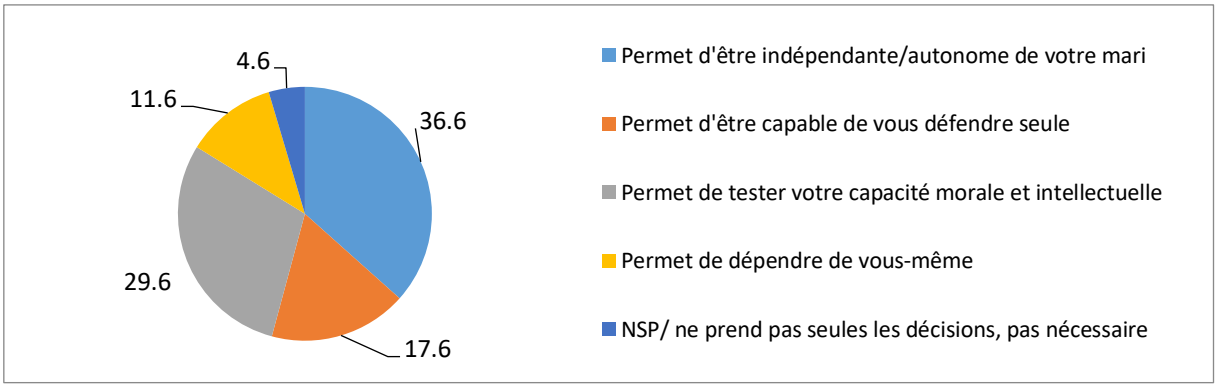


Fig. 4. Répartition (%) des femmes suivant l'importance de prendre seules les décisions

La motivation d'une prise de décision personnelle (elle seule) a été explorée dans les focus group. Les femmes pensent que le chemin de leur autonomisation passe par l'exercice de pouvoirs décisionnels leur permettant de réaliser elles-mêmes le potentiel dont elles disposent et de valoriser leurs savoirs faires. Une participante du groupe des femmes travailleuses du secteur formel déclare:

> « *Le fait d'avoir la possibilité de décider seule permet de s'affirmer, de s'auto-suffire et de se battre contre les maux qui entravent sa mobilité, de transformer l'histoire jadis qui se perpétue et qui cherche à marginaliser les femmes. Quand une femme dispose d'une capacité qui lui permet de décider seule, cela lui permet d'influencer vraiment les autres à prendre conscience et à lutter contre les maux qui entravent leur épanouissement. Elle à l'autorité sur sa vie et peut faire des meilleurs choix pour améliorer ses conditions de vie et de celles de son entourage. Elle sera respectée par son mari, sa famille et son entourage, cela fait son honneur envers sa belle-famille aussi*. ».

Pour les femmes, la logique serait de les laisser prendre elles-mêmes les décisions en ce qui les concerne. Ce serait la seule possibilité pour elles d'éradiquer la peur et le manque de confiance qui les habitent. Toutefois, à côté de ces femmes qui pensent qu'il est nécessaire pour elles de décider seule, d'autres qui estiment que cette démarche tend à désorganiser la société, et n'est pas digne d'une femme. Les décisions à seul créent de la méfiance au sein du couple. Il est nécessaire de le faire conjointement, même si ce ne sont pas toutes les décisions qui doivent être prises conjointement.

Certaines femmes pensent qu'il est nécessaire que le mari soit impliqué dans les décisions concernant la gestion de leurs revenus et d'autres désapprouvent cela. L'implication du mari peut quelque fois aider à une bonne gestion. Le tableau suivant en donne plus d'éclaircissement. La majorité de femme (74,1%) estime qu'il est nécessaire d'impliquer le mari, tandis que 24,4% trouvent que ce n'est pas nécessaire. Pour le premier groupe de femmes, l'implication du mari est nécessaire pour une bonne gestion (24,9%), par besoin d'orientation (23,9%), pour créer un climat de confiance entre elles et leurs maris (10,4%), ou simplement parce que le mari est le responsable du ménage (14,9%). Celles qui disent le contraire pensent qu'elles sont capables de gérer leurs revenus.

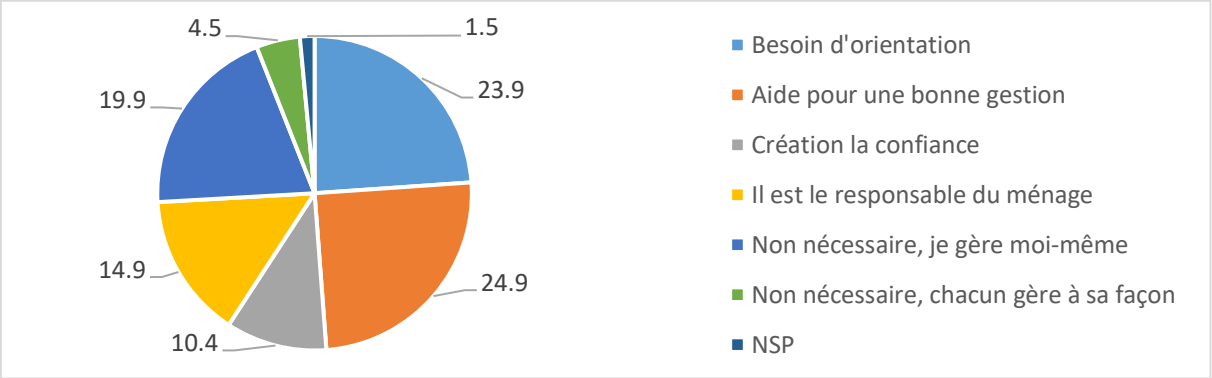


Fig. 5. Répartition (%) des femmes en union selon la nécessité d'impliquer le mari dans les décisions concernant la gestion des revenus

3.4 Influence De La Position Économique Des Femmes Sur Les Decisions Au Sein Du Foyer

Dans cette sous partie, il est question d'avoir un aperçu général des femmes qui, grâce à leur position économique, parviennent à décider sur leur gestion. Dans la figure ci-après, il ressort que 37,5% des femmes en union ont déclaré qu'avoir un revenu leur donne le pouvoir de décider sur la gestion du foyer, sur leur santé et leur loisir. Pour ces femmes, 25,5% estiment que l'influence s'est faite sur les décisions relatives aux dépenses, 4,6% considèrent l'influence du revenu sur les décisions concernant leur épargne et leurs projets, 2,3% admettent un effet sur la santé et 0,5% sur les loisirs.

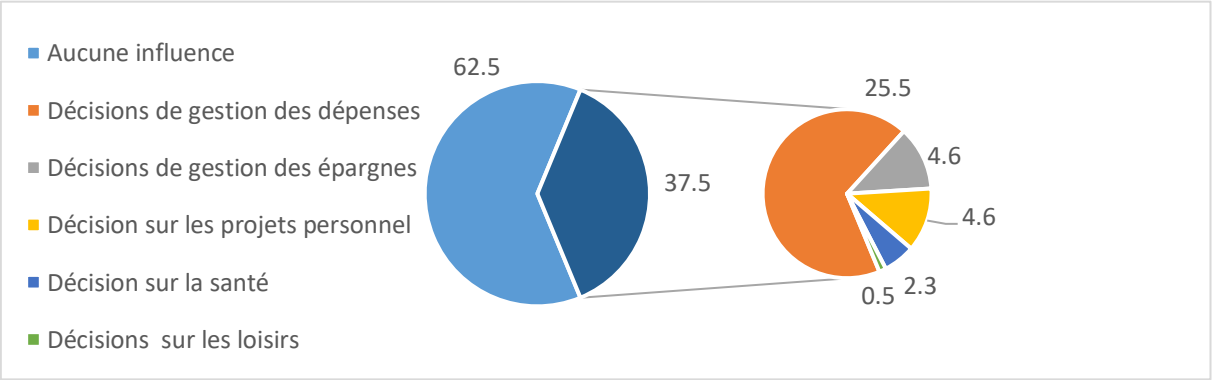


Fig. 6. Répartition (%) des femmes suivant l'influence de revenu sur la participation à la prise de décision au sein du foyer

Des questions ont été posées aux femmes pendant les focus groups pour déterminer les raisons pouvant expliquer le fait que certaines participent aux décisions et que d'autres n'en peuvent pas. Les raisons avancées par les femmes sont relatives à leur statut socioéconomique et celui des parents, voire des maris. Une participante du groupe des femmes à statut mixte, âgées de 20 à 30 ans, clarifie la situation en ces termes:

> *« Si on a des parents bien assis, si on a un bon revenus ou un bon travail, le mari aura peur de t'imposer les choses à faire ou à ne pas faire. Ill va te laisser décider quelque fois sur la gestion des ressources du foyer même sur ce qui le concerne, cela te laisse la possibilité de décider de ce que tu veux faire sans contrainte ni obligation ».*

Sur la figure ci-dessus, plus de la moitié (62,5%) des femmes pense que les revenus ne peuvent pas totalement donner le pouvoir aux femmes, surtout en ce qui concerne la gestion de toutes les ressources du foyer. A cet effet, une participante du groupe des femmes ménagères, avec un profil mixe, explique:

> *« Quel que soit ce que tu es avec tous tes bagages intellectuels et économiques, si ton mari n'est pas quelqu'un d'ouvert, il ne va jamais te laisser décider, c'est la mentalité africaine qui dicte aux hommes ainsi. (…). Ils sont nés avec ça (sentiment de regret des autres membres du groupe avec un air de désespoir) ».*

Pour les femmes, il existe des mécanismes pouvant aider à améliorer leur participation aux décisions du ménage. Les participantes aux focus group ont surtout insisté sur l'instruction et la pratique d'une activité économique. Elles sont susceptibles d'améliorer les conditions de vie des femmes et de faciliter leurs participations aux décisions du foyer. Parvenir à ces résultats nécessite des investissements dans la formation du capitale humain féminin, comme l'a déclaré une participante du groupe des femmes travailleuses du secteur formel:

> *« Tout d'abord, il faut instruire les femmes. Il faut les aider à poursuivre plus longtemps les études, ensuite à gagner leur vie à travers un emploi ou une activité rentable et par là acquérir leur indépendance économique. Si ces conditions sont réunies, les femmes se verront réaliser leurs rêves et seront appelées femmes autonomes ».*

3.5 Facteurs Associes À La Prise De Decision Sur La Garde Et L'utilisation De Revenu

Cette section analyse les relations entre les différents groupes de variables et la prise de décision sur la garde et l'utilisation de revenu (Tableau 3). Seuls les résultats statistiquement significatifs seront interprétés.

En considérant les variables relevant de l'environnement de vie avant union, on observe que les femmes nées dans le milieu urbain sont moins susceptibles décider de la garde et de la gestion de leurs revenus, que celles nées dans le milieu rural. Les femmes qui décidaient souvent elles-mêmes de la garde de leur argent sont plus enclines à faire la même décision actuellement, comparées à celles dont les autres décidaient à leur place. S'agissant du statut socioéconomique des parents ou tuteurs, les résultats montrent que l'accès à la scolarisation des parents ou tuteurs est un facteur clé dans la prise de décision des femmes sur la gestion de leurs revenus. Celles ayant vécu avec des parents ou tuteurs n'ayant pas fréquenté l'école (moderne et coranique) sont plus portées à décider de la garde de leurs revenus, comparées à leurs homologues dont les parents ou tuteurs ont fréquenté l'école moderne. L'exploration des variables relatives au statut socioéconomique des maris ne révèle aucune une association significative. Pour le groupe des variables relevant du statut socioéconomique des femmes, les variables associées sont le niveau d'instruction, l'occupation et la durée de vie commune. Les femmes de niveau secondaire ou plus sont moins susceptibles de décider de la garde de leurs revenus que celles qui sont sans instruction, alors que celles qui ont le niveau primaire sont plus portées à décider de l'utilisation de leur argent. Les femmes travailleuses à leur compte ont plus de chance de décider de la garde de leurs revenus que celles qui sont sans occupation, tandis que celles qui sont employées sont moins enclines à décider de l'utilisation de leurs revenus. Les femmes en union depuis dix ans et plus sont moins susceptibles de décider de la garde et de l'utilisation de leurs revenus, comparées à celles dont la durée de vie commune est de moins de cinq ans.

L'analyse de l'association entre les différents groupes de variables et le pouvoir décisionnel des femmes a permis d'identifier les facteurs ayant une influence sur ce pourvoir. Les variables telles que le lieu de naissance, les pratiques de garde de l'argent avant l'union, le niveau d'instruction de la femme et de son parent ou tuteur, l'occupation de la femme et la durée de vie commune jouent un rôle important dans la participation décisionnelle des femmes concernant la garde et l'utilisation de leurs revenus au sein des ménages. Il est à cet effet nécessaire de considérer ces caractéristiques dans les interventions auprès des femmes afin de renforcer leurs pouvoirs de décision.

Tableau 3. Coefficients et Erreurs types robustes des régressions logistiques des facteurs associés aux chances de prise de décision sur la garde et sur l'utilisation des revenus des femmes en union

Variables	Garde de revenus		Utilisation de revenus	
	Coefficient	Robust standard errors	Coefficient	Robust standard errors
Environnements de vie de la femme avant union				
Lieu de naissance				
Milieu rural (Référence)	0,000		0,000	
Milieu urbain	-0,944*	-0,492	-0,952*	-0,543
La personne qui gardait souvent l'argent de la femme				
Moi-même (Référence)	0,000		Na	Na
Père/Mère/Tuteur/tutrice	-1,857***	-0,593	Na	Na
Autres	-2,238***	-0,827	Na	Na
La personne qui décidait souvent de l'utilisation de l'argent de la femme				
Moi-même (Référence)	Na	Na	0,000	
Père/Mère/Tuteur/tutrice	Na	Na	-0,347	-0,522
Autres	Na	Na	-0,477	-0,905
Statut socioéconomique des parents ou tuteurs				
La personne avec qui la femme vivait avant l'union				
Parents biologiques (Référence)	0,000		0,000	
Tuteur-tutrice	-0,506	-0,500	-1,188	-0,873
Ami/Seule	0,824	-0,986	-0,792	-1,067
Accès à la scolarisation du chef de ménage où vivait la femme avant union				
Oui école moderne (Référence)	0,000		0,000	
Oui école coranique	-0,877	-0,754	-2,055	-1,292
Non	3,017**	-1,281	-1,755	-1,265
Statut socioéconomique du conjoint				
Accès à la scolarisation				
Oui école moderne (Référence)	0,000		0,000	
Oui école coranique	0,263	-0,759	-0,0556	-0,577
Non	-0,295	-0,802	0,492	-0,826
Occupation				
Aucune (Référence)	0,000		0,000	
Employé	0,673	-0,628	0,586	-1,414
Travailleur à son compte	0,0645	-0,761	-0,606	-0,904
Statut socioéconomique de la femme				
Groupe d'âge				
15-24 ans (Référence)	0,000		0,000	
24-34 ans	0,674	-1,306	-0,676	-0,768
35-44 ans	1,01	-0,941	-0,193	-1,054
45 ans et plus	0,804	-0,785	1,558	-1,228
Niveau d'instruction				
Sans instruction/école coranique (Référence)	0,000		0,000	
Primaire	-0,731	-0,869	0,893*	-0,511
Secondaire	-1,368*	-0,781	-0,529	-0,565
Supérieur	-0,934*	-0,516	1,43	-0,950
Occupation				
Aucune (Référence)	0,000		0,000	
Employée	-0,368	-0,544	-1,401**	-0,674
Travailleuse à son compte	1,315*	-0,777	-1,214	-0,833
Durée de vie commune				
Moins de cinq ans (Référence)	0,000		0,000	

Cinq à dix ans	-0,852	-0,972	-1,401	-0,959
Dix ans et plus	-1,346**	-0,587	-1,168*	-0,607
Constante	3,169***	-1,149	5,183***	-1,563
Nombre d'observations		216		216
Log pseudolikelihood		-71,864		-65,572

*Note: *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1; Na: Non applicable*

4 DISCUSSION

La présente étude vise à déterminer les facteurs associés à l'autonomisation économique des femmes en union dans le 6ème arrondissement de la ville de N'Djamena (Tchad). Quatre groupes de variables ont été retenus: environnement de vie des femmes avant union, les statuts socioéconomiques des parents ou tuteurs et des femmes elles-mêmes. L'autonomisation des femmes en union est mesurée à travers leur pouvoir de décision en ce qui concerne la garde et l'utilisation de leurs revenus.

Le pouvoir décisionnel des femmes en union dans le 6ème arrondissement de la ville de N'Djamena est influencé par les facteurs relevant de l'environnement de vie avant union et les statuts socioéconomiques. Pour l'environnement de vie des femmes avant union, on observe qu'être née dans le milieu rural prédispose les femmes à décider elles-mêmes de la gestion de leurs revenus. Il ressort aussi que les femmes qui décidaient déjà de la garde de leurs revenus avant l'union sont plus susceptibles de le faire actuellement dans leur foyer. Concernant le statut socioéconomique des parents ou tuteurs, le non accès de ces derniers à l'éducation moderne ou coranique contribue à l'autonomie décisionnelle des femmes sur la gestion de revenu. Enfin, s'agissant du statut socioéconomique des femmes elles-mêmes, il est à noter que le niveau d'instruction (école moderne), l'occupation et la durée de vie commune sont des variables qui contribuent à la prise de décision des femmes en matière de gestion de leurs revenus.

Les résultats de l'étude confirment l'hypothèse principale de la recherche. Ils montrent que le pouvoir décisionnel des femmes est influencé par leurs environnements de vie avant union, les statuts socioéconomiques de leurs parents ou tuteurs et des femmes.

Il ressort de l'exploitation des données des focus group que les femmes pensent qu'en général les décisions prises par elles-mêmes sont nécessaires pour leur permettre de mettre en valeur leur capacité intellectuelle, leur savoir-faire et compétence face aux responsabilités de la vie. Les avis émis dans les focus group permettent de comprendre que la réaction de chaque membre du groupe est fonction de son âge et de son niveau d'instruction, mais aussi de son occupation actuelle. Celles ayant un niveau d'instruction élevé, un âge avancé (surtout celles de 30 ans et plus) et une occupation économique ont tendance à être indépendantes, à participer aux décisions, à pouvoir décider quelque fois elles-mêmes de la gestion de leurs revenus, et à participer mêmes à la gestion des ressources du foyer. La majorité des femmes ayant un âge inférieur à 30 ans et disposant tout de même de revenus personnels déclarent avoir moins de pouvoir au sein du foyer

Les résultats de la présente recherche vont dans le même sens que ceux des études antérieures, particulièrement celles de Bilampoa [1], Coulibaly [8] et de Dahoun et al [9]. Il existe ainsi plusieurs facteurs contribuant à l'autonomisation des femmes. La réalisation de l'autonomisation économique est un processus nécessitant plus d'attention et plus d'investissement dans la formation du capital humain et du changement du statut des femmes. Il faut que les investissements tiennent compte de la situation des femmes au sein des ménages et de leur place dans la société.

5 CONCLUSION GENERALE

Le statut que les femmes acquièrent grâce à leur position économique favorise la levée des barrières socioculturelles à leur épanouissement et ouvre la voie à leur émancipation. Ce qui amène de plus en plus les femmes à participer à la prise de décision au sein des ménages. Les femmes qui disposent d'un revenu, celles qui sont plus âgées et qui ont des maris et parents ayant fréquenté l'école moderne et exerçant des activités économiques ont tendance à gagner en autonomie, à participer aux décisions des ménages et à être plus indépendantes. Les résultats de cette présente recherche permettent d'expliquer le besoin des femmes à vouloir s'autonomiser.

Pour que les politiques d'autonomisation produisent des résultats durables, il faut que les femmes parviennent à se débarrasser des préjugés et se considérer comme des êtres capables de défendre leur cause. Il faut à cet effet renforcer l'égalité de genre afin de relever le niveau de capital humain des femmes et leur permettre de participer plus aux décisions.

REFERENCES

[1] G. T. Bilampoa, «Genre et prise de décision au sein du ménage au Burkina Faso», *Cahiers Québécois de Démographie,* vol. 43, no. 2, Automne, pp. 249-278, 2014.

[2] I. Rose, «Contraintes socioculturelles dans les rapports hommes/femmes au Cameroun», *Genre, Inégalités et Religion,* no. 41, Paris, Archives contemporaines, pp. 201-216, 2007.

[3] Boni, T., Que vivent les femmes en Afrique ?, Karthala, Paris, 2011.

[4] Kaudjhis-Offoumou, F., *Femme, genre et pouvoir en Afrique,* NEI/CEDA, Abidjan, 2011.

[5] M. H. Bacque et C. Biewener, «L'empowerment, un nouveau vocabulaire pour parler de participation ?» *Idées économiques et sociales,* no. 173, pp. 25-32, 2013.

[6] A. E. Calves, «L'empowerment des femmes dans les politiques de développement: histoire d'une institutionnalisation controversée», *Regards croisés sur l'économie,* La Découverte, vol 2, no. 15, pp. 306-321, 2014.

[7] W. A. Ninacs, «Empowerment et services sociales: approches et enjeux», *Services social,* vol. 44, no. 1, pp. 70-93, 1995.

[8] Coulibaly, F. *Femmes et tontines: analyse des rapports de pouvoir au sein de ménages ivoiriens,* Mémoire, Université du Québec en Outaouais, Département des sciences sociales, Gatineau, 157 p, 2012.

[9] D. B. Dahoun, O. Manlan, C. Vodounou, S.-M. Mongan, D. Mededji et J. P. Alofa, *Microcrédit, pauvreté et autonomisation des femmes au Bénin,* Working Paper, Partnership for Economic Policy (PEP), no. 13, 40 p., 2013.

[10] Ministère de l'action sociale, de la famille et de la solidarité nationale, *Politique Nationale du Genre (PNG),* N'Djaména, 58 p., 2011.

[11] Institut National de la Statistique, des Études Économiques et Démographiques (INSEED), Ministère de la Santé Publique (MSP) et ICF International, 2014-2015. *Enquête Démographique et de Santé et à Indicateurs Multiples (EDS-MICS 2014-2015).* Rockville, Maryland, USA: INSEED, MSP et ICF International.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 4 Jun. 2023, pp. 1717-1721
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Contribution à l'étude des causes des crevaisons et explosions des pneumatiques des véhicules de transport sur l'axe routier BITABE - MALUKU de la ville-province de Kinshasa

[Contribution to the study of the causes of punctures and explosions of the tires of transport vehicles on the road axis BITABE - MALUKU from the city-province of Kinshasa]

Emmanuel KILABI MANGWENO

Chef de travaux, Institut Supérieur Pédagogique technique de Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2023 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: Our study is a contribution to the development of a technical reference guides which advice on precautions to take by the road carriers, especially those who do the BITABE-MALUKU axis in Kinshasa province, capital of the Democratic Republic of Congo.
In this work, we got hitched to present the Psycho-chemical analysis data and some techniucal facts that can constitute parameters that affect the tire perfomance: The choice of the tire following the destined type of service; The camber angle; The inclination of the axle pivot; The tire mounting; The vehicle mechanical irregularities; Choice of tubing flaps and rim; Inflation pressure control; The pinching and opening; Steering arm angle; The road condition; Whether condition; The unzipping; The wheel rim.

KEYWORDS: Puncture, tire, vehicle, transport, road axis, BITABE - MALUKU, Kinshasa.

RESUME: Notre étude est une contribution à la mise au point d'un guide technique de référence qui renseigne sur les précautions à prendre par les transporteurs routiers, spécialement ceux qui font l'axe BITABE – MALUKU dans la province de Kinshasa; capitale de la République Démocratique du Congo.
Dans ce travail, nous nous sommes attelé à présenter les données d'études d'analyse physico-chimiques et quelques faits techniques pouvant constituer les paramètres qui affectent la performance des pneumatiques: Le choix du pneu suivant le type de service destiné; L'angle de carrossage; L'inclinaison du pivot d'essieu; Le montage du pneu; Les irrégularités mécaniques du véhicule; Le choix du tube, flaps et jante; Le contrôle de pression de gonflage; Le pinçage et ouverture; L'angle de bras de direction; l'état de route; l'état de conduire (habileté du chauffeur); les conditions météorologiques; Le dézippage; Le dejantage; Défaut structural du pneu; Surchauffe.
L'étude a montré que le fait de ne pas respecter l'un de ces paramètres conduise aux explosions et crevaisons de pneumatiques.

MOTS-CLEFS: Crevaison, pneumatique, véhicule, transport, axe routier, BITABE - MALUKU, Kinshasa.

1 INTRODUCTION ET PROBLEMATIQUE

Maluku est le grenier de la capitale Kinshasa pour plusieurs denrées alimentaires.

Le véhicule est le moyen le plus courant pour évacuer les produits agricoles de Maluku et ses environs jusqu'au marché Bitabe.

De plus en plus actuellement, les transporteurs sont découragés de pouvoir utiliser ce moyen de transport, devenu difficile, pour l'évacuation de leurs produits agricoles étant donné qu'ils sont continuellement butés aux difficultés suivantes:

Fréquentes explosions et crevaisons des pneumatiques des véhicules provoquant de multiples accidents. Les problèmes ont été posés aux chercheurs en pneumatique sur les difficultés de cet axe routier.

Le souhait était que le problème soit connu de grand public et de milieux financiers par voie d'internet.

Cette étude tente d'expliquer ainsi les causes des explosions et de crevaisons des pneumatiques des véhicules de transport sur la voie routière de Bitabe (marché de Kinshasa–EST) à Maluku la commune Urbano-rurale de la ville province de Kinshasa.

En effet, un pneumatique ou pneu est un produit fabriqué à base du polymère destiné à être utilisé sur un véhicule. Il y a plusieurs caractéristiques du véhicule qui affectent les performances des pneumatiques. Dès lors, il est important que les transporteurs et d'autres opérateurs économiques intéressés par la question puissent avoir des informations indispensables pouvant les aider dans leur prise de décision dans le choix des pneumatiques à acheter ou à vendre. Selon les statistiques de la brigade roulière de Kinshasa, 60 % de cas d'accidents sur l'axe Bitabe-Maluku sont causés par les explosions ou éclatements des pneumatiques.

C'est dans ce cadre que se place l'intérêt de la présente étude qui a pour objet la recherche des causes des explosions et des crevaisons des pneumatiques des véhicules de transport reliant le marché Bitabe à Maluku.

2 LES CAUSES DES EXPLOSIONS ET CREVAISONS DE PNEUMATIQUES DES VEHICULES DE TRANSPORT

2.1 LE CHOIX DES PNEUMATIQUES

L'axe routier BITABE-MALUKU et ses environs n'est pas en bon état. Ce sont seulement des pistes de terre meuble ou sablonneuse, soit aussi asphaltées mais dégradées totalement. Le pneumatique adapter à ce genre des pistes est le pneumatique conventionnel. Notons que le pneumatique conventionnel est celui dont les angles de ses plis sont inférieurs - à 90° généralement, on utilise 63° à 64°. (GOOD YEAR 1999) voici quelques codes commerciaux de pneumatique conventionnel:

12.00-20, 11.00-20, 10.00-20, 9.00-20

12.00 signifie que la largeur de section du pneu est 12 pouces. Le trait

(-) signifie pneu conventionnel et 20 est le diamètre de la jante (20 pouces)

Le pneu radial se diffère du pneu conventionnel par sa construction et l'angle de ses plis (90°) Les transporteurs de Bitabe–Maluku ne peuvent pas utiliser le pneumatique camion radial, sinon ce dernier va exposer ou éclater à cause de mauvais état de route.car ce type de pneumatique a un faible coefficient d'hystérésis et son flanc est flexible ne pouvant pas résister aux obstacles mécaniques de la route (pierres, barreau de fer etc.).

Tous les pneumatique camions radiaux qui viennent d'Europe et d'Amérique sont construits avec un seul pli (mono ply) et sont performants sur des terrains d'où ils viennent parce que leurs routes sont asphaltées et n'ont pas d'autres obstacles mécaniques. Ce qui n'est pas le cas pour la route de Bitabe– Maluku.

2.2 L'ANGLE DE CARROSSAGE

Ce terme désigne l'angle d'inclinaison de face des roues avant. Un angle de carrossage est positif quand les roues sont plus rapprochées ensemble au point de contact avec le sol. Un angle carrossage est négatif quand elles sont rapprochées en haut. L'angle de carrossage est destiné à aider la tenue de route (Inc. podowar, 1999: 17) mais s'il est utilisé à l'excès, il cause une usure excessive sur un côté de la bande de roulement du pneumatique. D'où la facilité d'éclatement de celui-ci.

Le résultat de cet essai a été visualisé au résiliomètre (COBRA, 1999: 3).

- Inclinaison du pivot d'essieu

C'est l'angle que le pivot d'essieu fait vers l'intérieur. Il permet au véhicule de maintenir les roues tout droites vers l'avant. Cet angle aide à ramener le point de contact du pneu plus directement en dessous de la charge du pivot d'essieu. Il aide à éliminer le tirage d'un côté à l'autre; ce qui contribue à réduire l'usure de la bande de roulement du pneu. Une mauvaise

inclinaison du pivot d'essieu provoque l'usure anormale du pneumatique. Et cela provoque l'explosion ou l'éclatement du pneu.

- Le montage du pneumatique

Un pneumatique 12.00-20 monté sur une jante de 10.00-20 même pour 11.00-20 ne va pas durer; car la jante est petite en largeur, elle va tout simplement provoquer une craquelure (blessure) au flanc du pneumatique. Une mauvaise inclinaison du pivot d'essieu provoque l'usure anormale du pneumatique (FESTO PNEUMATIC, 1999: 3).

- Irrégularités mécaniques du véhicule

Un mauvais alignement, angle de carrossage, et inclinaison du pivot d'essieu est une de plus mauvaise manière d'user un pneumatique. Les ressorts cassés ou les axes du tracteur pliés peuvent avoir un effet pervers et destructif. Les roulements de roues endommagés causent également l'usure inégale de pneumatique.

- Choix du tube, flaps et jante

Le tube (chambre à air) est spécifié par sa taille, par les fabricants et, est utilisé en vérifiant également la taille du pneumatique. Le tube tend à développer un allongement quand il est utilisé et est sujet à l'usure par frottement à l'intérieur du pneu. Le tube utilisé dans le pneumatique radial subit beaucoup de flexions que celui utilisé dans le pneu conventionnel. Alors, des tubes spéciaux sont, par conséquent, désignés pour leurs applications. Les transporteurs de BITABE utilisent n'importe quel tube. Cela est un grand défaut. Les flaps sont généralement spécifiés pour l'usage de pneumatique camion du type « tube » pour protéger ce tube contre la surface rugueuse ou rouillée de la jante une bonne procédure de gonflage recommande de gonfler le groupe pneu-tube-flap à une pression de 1,5 à 3 kg / cm2 pour assoir les talons du pneu.

Sans cette procédure de gonflage de pneumatique, le flap se déforme et sa tension peut craquer et causer de dommage au tube et enfin ce dernier pourrait s'éclater. Tandis que la jante est standardisée par sa dimension et son profil (GIT, 1999: 33). Il existe des manuels techniques au service des clients. Les jantes à base creuse sont pour utilisation des pneus tourismes et camionnettes; les jantes en deux pièces pour pneus camions.

- Contrôle de pression de gonflage

Le premier contrôle est sur le réservoir de stockage d'air du compresseur pour voir que l'huile- eau condensée n'est pas soufflée dans le pneumatique ou tube. Une telle situation peut encrasser les noyaux de valve et les emmener alors à présenter des fuites. Un pneu sous gonflé s'use vite tandis qu'un pneu surgonflé s'use au milieu de la bande de roulement (COBRA: 1999: 8). Il est impérieux de contrôler la pression spécifiée à votre dimension du pneumatique.

- Pinçage et ouverture

Le pinçage et ouverture désignent l'angle des roues vers l'intérieur ou l'extérieur de l'une par rapport à l'autre. Un pinçage excessif en résulte des usures irrégulières de pneumatique, car la gomme du flanc sera gratté et provoquera l'explosion du pneumatique à son coté. Un mauvais pinçage et ouverture peuvent provoquer l'éclatement excessif de pneumatique.

- L'angle de bras de direction (Braquage)

Le braquage permet aux roues d'aborder une courbure. L'effet du décalage d'angle de bras de direction fait que la roue intérieure tourne à un angle plus grand que la roue extérieure. Tout changement d'angle, quand il y a une usure des rotules ou à cause de barres de direction tordues, peut causer un frottement, une usure excessive de la bande de roulement du pneumatique. Enfin le pneumatique sera sujet d'explosion ou de crevaison.

- L'état de route

L'axe routier BITABE – MALUKU et ses environs n'ont pas de routes en bon état. Cette situation oblige les chauffeurs à rouler moins vite sur des blocs de pierres dures posés sur la route.

Et ils doivent éviter les surcharges. Le transporteur doit aussi savoir si le choix de pneumatique répond au service pour lequel l'état de route l'oblige de faire preuve de son habileté. Le pneumatique conventionnel grippé ou ligné est à cet effet recommandé.

- L'état de conduire (habiletés de chauffeur)

Le bon état de marche du véhicule dépend dans une large mesure de la façon de s'en servir ainsi que le respect du code de la route. Il y a lieu de vérifier les pneumatiques fréquemment et les gonfler à la pression spécifiée, de façon à assurer leur bonne conservation. Un pneumatique est explosible si le chauffeur le soumet à des efforts de freinage supérieurs à la valeur spécifiée (GITC, 1999: 276).

- Les conditions météorologiques influencent également la performance de pneumatique. Durant la période de pluies, le pneumatique explose fréquemment, ceci arrive souvent si ce dernier était construit en gomme synthétique (styrène rubber).

- Le dezippage

Le défaut de conception, une surcharge ou un impact peuvent provoquer une faiblesse, un bris ou une rupture de la carcasse du pneu.

Le résultat peut entrainer une importante fuite d'air. (René Benoit, 2017).

- Le dejantage

Le déjantage se produit lors de la sortie accidentelle et soudaine du pneu sur sa jante avec évacuation violente de l'air ou d'autres gaz contenus dans le pneu. Les causes possibles sont généralement l'impact mécanique sur la jante ou le pneu, soit encore l'usine hors norme de la jante.

Le montage initial incorrect du pneu (GITC, 2000,25).

- Pneu en mauvais état ou une faiblesse structurelle

Qu'il soit neuf ou usé, un pneu peut présenter un défaut structural plus ou moins perceptible et pourrait ne pas résister à la pression normale de gonflage.

- Surchauffe

Une hausse de la température à l'intérieur du pneu entraine une augmentation de la pression du pneu. Cette hausse de pression se poursuit tant que la température monte et tant que le pneu n'a pas cédé ou déjanté. D'où l'éclatement ou explosion du pneu arriverait à la suite de cette surchauffe.

3 CONCLUSION ET SUGGESTION

Nous reconnaissons que les fabricants de véhicules (Ford, Toyota, Nissan, Mercedes, etc.) apportent les plus grands soins à l'élaboration et la construction de leurs véhicules, et nous rendent économiquement d'excellents services sur des dizaines de milliers de kilomètres.

Les marchands des véhicules sont interpellés autant que ceux qui achètent. Le choix de type adapté est nécessaire. En effet, pour la RDC, avant de se décider sur le type de pneumatique spécialement, pour l'axe BITABE – MALAKU, ce sont des pneus conventionnels qui conviennent. Aussi, proposons-nous ici la spécification de fabrication économique de ces pneus conventionnels:

- Carcasse: up and down (floating)
- Breaker: single cut opn
- Bead: dual bead added by apex
- Tread: cap and base

- Fabric: nylon
- Tread compound: naturel rubber tyre: tube type (not tubeless)

Pour les transporteurs, avant de programmer un véhicule pour un voyage, il y a lieu de s'assurer de son état et de l'état de la route. Aussi, le contrôle d'irrégularités mécaniques est obligatoire. Chaque véhicule a son tonnage spécifié, le transporteur devra éviter donc la surcharge.

Cela est néfaste aux spécifications du véhicule ainsi qu'à ses pneumatiques. Les véhicules souvent utilisés dans beaucoup de cas, sont de véhicules d'occasion dont la plupart des cas, déjà suffisamment utilisés, un entretien sérieux est nécessaire régulièrement avec beaucoup de soins.

Les cas d'accidents qui arrivent sur l'axe BITABE – MALUKU à Kinshasa, sont les conséquences du non-respect des normes de chargement, de code de route, et de conseils pratiques de roulage.

Les éclatements des pneus sont encore dûs aux mauvaises utilisations des produits en se référant aux paramètres d'utilisation de pneumatique. Si on reçoit un véhicule neuf ou d'occasion d'Europe ou d'Amérique, il est conseillé de remplacer les pneus radiaux par les conventionnels. Les clients peuvent les acheter à ses distributeurs.

REFERENCES

[1] COBRA, 1999, Entretien des pneumatiques en service, service technique, cobra Kinshasa.
[2] EUROPEAN TYRE AND RIM, 1996, TECHNICAL organisation Stater manuel.
[3] FESTO PNEUMATIC, 2000 Information sur les applications pneumatiques conventionnels, éd. Festo, Borne.
[4] GITC, 1999, International center QC tyres testing program, Akron.
[5] GOOD YEAR, 1999, International center development master specification, ed. Goog Year, Akron.
[6] JOUCOMATIC INTERNATIONAL, 1995, Réparation des composants pneumatiques, ed. Joucomat, Bruxelles.
[7] KILABI, 1999, Flow chart de développement de pneumatique Cobra/Kinshasa.
[8] LEFEVRE, 1972, l'air comprimé (applications), Paris.
[9] PODOWAR, 1996, Modèles avancés de pneumatiques Université d'Akron.
[10] PODOLAR, 1999, Aramid radial truck tires, University of Akron.
[11] RENE BENOIT, service de la recherche, Institut de la recherche Robert-sauvé en santé en sécurité du travail (IRSST).
[12] Joucomatic International, 2000, réparation des composants pneumatiques ed. Joucomatique http://www.irsst.qs.ca/ files documents/PUBIRSS/R-479.pdt

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 4 Jun. 2023, pp. 1722-1725
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Contribution à l'étude de dépannage des circuits hydrauliques: Cas de machines hydrauliques de scierie

[Contribution to the troubleshooting study of hydraulic circuits: Case of hydraulic sawmill machines]

***Emmanuel KILABI MANGWENO*[1-2]**

[1]Chef de Travaux, Institut Supérieur Pédagogique Technique, Kinshasa, RD Congo

[2]Etudiant en troisième cycle, Université Pédagogique National, RD Congo

Copyright © 2023 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 is a contribution to the development of a logical troubleshooting flowchart of hydraulic circuit of hydraulic sawmills machines (hydraulic trimmer, hydraulic edger, hydraulic bumper and so on...).
The following techniques retained as criteria for the breakdown research and their troubleshooting: Troubleshooting from the operating table, Troubleshooting from the diagram, Troubleshooting from the equation, Troubleshooting from the grafcet.
The study showed on one site that the good choice of a troubleshooting technique sufficiently reduces the troubleshooting time of the failure and its repair, and on the other side avoid the prolonged shutdowns of industrial production.
However, the troubleshooting is at the same time a technique, a science and an art often difficult to apply (LEFEVRE, 1990, 74).

KEYWORDS: Troubleshooting, circuit, hydraulics, machine, sawmill.

RESUME: Cette étude est une contribution à la mise au point d'un diagramme de dépannage logique des circuits hydrauliques des machines hydrauliques de scierie (Ebouteuse hydraulique, déligneuse hydraulique, butoir hydraulique etc.).
Les techniques suivantes retenues comme critères pour la recherche des pannes et leurs dépannages: Dépannage à partir du tableau de fonctionnement, Dépannage à partir du schéma, Dépannage à partir de l'équation, Dépannage à partir du grafcet.
L'étude a montré d'une part que le bon choix d'une technique de dépannage réduise suffisamment le temps de dépistage de la panne et son dépannage, et d'autre part évite les arrêts prolongés de la production industrielle.
Mais le dépannage est à la fois une technique, une science et un art souvent difficiles à appliquer (LEFEVRE, 1990, 74).

MOTS-CLEFS: Dépannage, circuit, hydraulique, machine, scierie.

1 INTRODUCTION

Après la commande électrique par relais, puis la commande électronique, la commande hydraulique trouve un essor spectaculaire.

Parce qu'elle constitue le moyen le plus rationnel pour programmer et contrôler l'action des vérins hydrauliques automatisant les postes de travail et machines de fabrication de l'industrie (FESTO hydraulique, 200: 22), la technique de commande est devenue dans le monde entier une technologie clé. Les besoins en main d'œuvre qualifiée et la nécessité d'une formation continue suivie augmentent constamment.

Corresponding Author: Emmanuel KILABI MANGWENO

Un diagramme logique de dépannage judicieusement réfléchi et scrupuleusement appliqué constitue une garantie indéniable pour l'obtention d'un résultat efficient.

Après une longue observation dans quelques scieries industrielles de Kinshasa (SOFORMA, SODEFOR, CFT et SAFBOIS), nous avons constaté que les techniciens de maintenance éprouvent de difficultés suivantes:

- Ignorances de notions de bases sur le dépannage du circuit hydraulique des machines hydrauliques.
- Faiblesse de raisonnement logique à appliquer pour découvrir la panne et sa réparation.
- Rareté d'ouvrages sur le dépannage des circuits hydrauliques.

C'est dans ce cadre que se place cette étude qui est une enquête visant l'identification des opérations unitaires en vue de l'établissement du schéma général du procédé de dépannage logique des circuits hydrauliques des machines hydrauliques de scierie.

Ayant travaillé dix ans dans les scieries industrielles citées ci-haut, nous avons conclu que les points cités ci haut nous ont également poussé de présenter un diagramme de dépannage logique des circuits hydrauliques.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODE D'ANALYSE

2.1 MATÉRIEL

Un questionnaire a été élaboré et utilisé pour recueillir les informations recherchées. L'enquête a eu lieu aux scieries suivantes: SOFORMA, SODEFOR, CFT et SAFBOIS de la ville province de Kinshasa.

Les machines utilisées dans ces scieries sont en majorité hydrauliques.

2.2 MÉTHODE D'ANALYSE

Notre questionnaire comprenait des rubriques suivantes:

- Nom de la machine.
- Type de commande
- Type de circuit
- Temps de dépannage
- Technique utilisée
- Identification des opérations unitaires en vue de l'établissement du diagramme de dépannage.

Pour chaque société, l'enquête s'est déroulée le jour de la production en passant en revue toutes les rubriques du questionnaire selon le mode de question-réponse. Après dépouillement on catégorise les réponses par rapport à l'effectif total. A partir des réponses plus probables (% élevé), il a été possible d'établir le schéma général du procédé de dépannage de ces circuits hydrauliques.

La même méthode a été utilisée par le dépannage de quelques machines qui étaient en pannes dont les résultats sont consignés au tableau 1.

Tableau 1. Résultats de nos enquêtes

N°	Scieries	MACHINES	COMMANDE	Circuits	Techniques	Observations
01	SOFORMA	EBOUTEUSE PENDULAIRE	Hydraulique	Complexe	Schéma	Dépannée après 2 jours
02	SODEFOR	DELIGNEUSE	Hydraulique	Complexe	Grafcet	Dépannée après 60 minutes
03	CFT	PRESSE CONTRE PLAQUE	Hydraulique	Complexe	Grafcet	Dépannée après 45 minutes
04	SAFBOIS	EBOUTEUSE	Hydraulique	Simple	Equation	Dépannée après 10 minutes
05	SOFORMA	DELIGNEUSE	Hydraulique	Complexe	Schéma	
06	SOFORMA	MASSICOT	Hydraulique	Simple	Tableau de fonctionnement	Dépannée après 10 minutes
07	SOFORMA	BUTOIRE	Hydraulique	Simple	Equation	Dépannée après 10 minutes
08	SODEFOR	PRESSE CONTRE PLAQUE	Hydraulique	Complexe	Equation	Dépannée après 20 minutes
09	SAFBOIS	DELIGNEUSE	Hydraulique	Complexe	Schéma	Dépannée après 120 minutes
10	SODEFOR	Guillautine	Hydraulique	Complexe	Schéma	Dépannée après 1 jour
11	SODEFOR	BUTOIRE	Hydraulique	Simple	Schéma	Dépannée après 8 minutes.

3 INTERPRETATION ET DISCUSSIONS DES RESULTATS

Les trois paramètres retenus sont au centre:

- Type de commande
- Type de circuit
- Technique utilisée

A l'analyse des résultats, il ressort que la machine à circuit simple est dépannée à un petit temps avec les techniques de l'équation et du schéma. Tandis que la machine à circuit complexe est également dépannée très rapidement avec les techniques de grafcet et du tableau de fonctionnement.

Il est évident qu'en production le facteur temps est lié à la spécification de production, dès lors le dépannage est aussi fonction du temps. La succession des différentes opérations unitaires donne le schéma (diagramme) de dépannage des circuits hydrauliques représentés sur la figure 1.

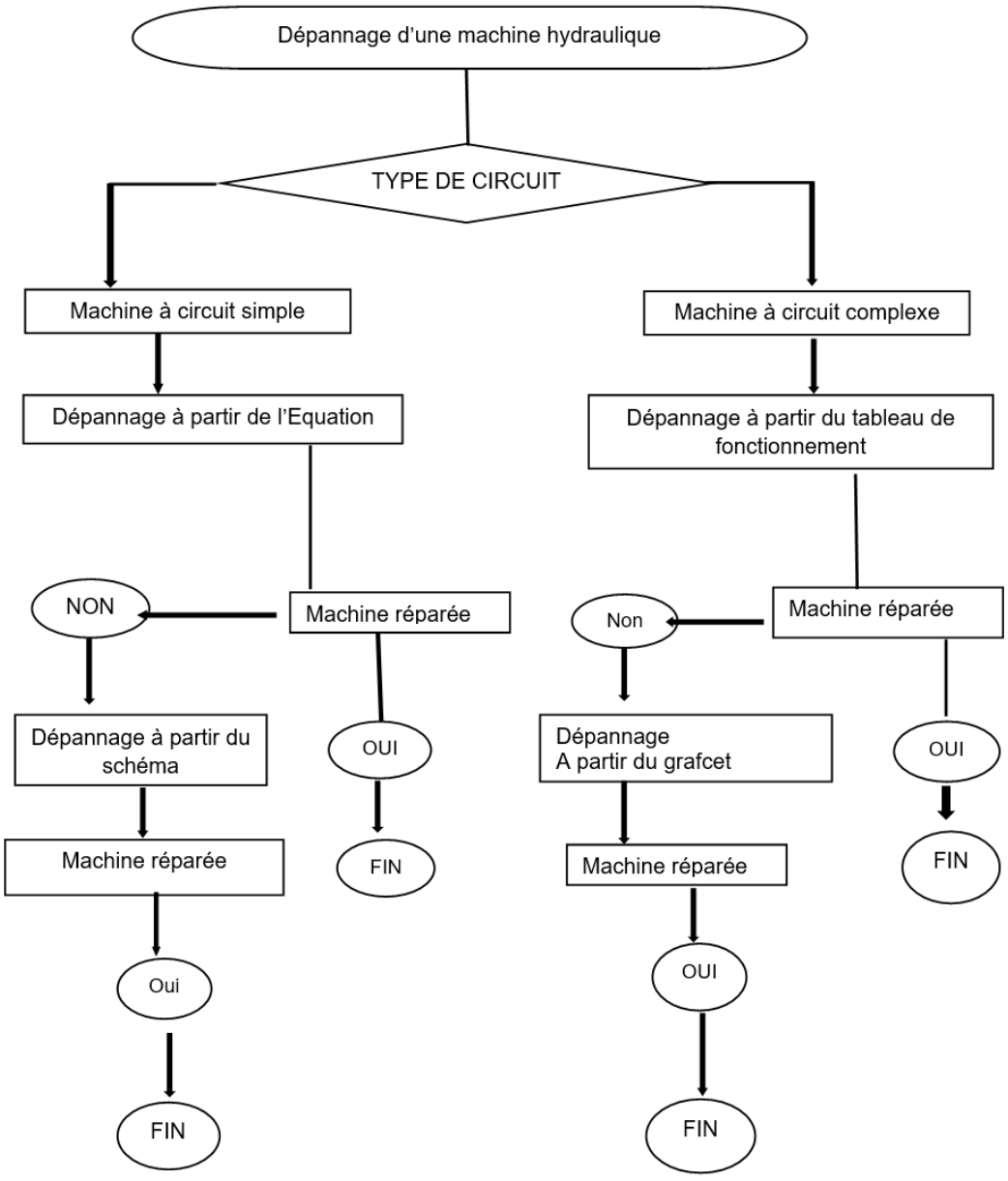


Fig. 1. Diagramme de dépannage logique des circuits hydrauliques

4 CONCLUSION

Au cours de notre enquête, nous avons identifié les différentes opérations unitaires dont leur association a abouti à l'établissement du schéma général (diagramme) du procédé de dépannage logique des circuits hydrauliques.

La discussion qui s'en est suivi plaide en faveur des études fondamentales et appliquées pour aboutir à l'optimisation des procédées de dépannage logique des circuits hydrauliques.

REFERENCES

[1] BERNED, M., 2000, Technologie de fabrication hydraulique, éd., Eyrol, Paris.
[2] CHAPPERT et al. 1981, les automatismes expérimentation installation-dépannage, Tome 2, Les solutions pneumatique, oléopneumatiques et hydrauliques, éd. Faucher, Paris.
[3] Festo PNEUMATIC, 2000, information sur les applications de pneumatique conventionnel, éd. Festo, Allemagne.
[4] Joucomatic International 1995, Réparation des composants pneumatiques, éd. Joucomatic, Bruxelles.
[5] KILABI, E., 1999, Flowchart de développement de pneumatique, cobra/Kinshasa.
[6] PIEUCHARD, c., 1999, Automatique, mesures et contrôle, Technique de l'ingénieur.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 4 Jun. 2023, pp. 1726-1738
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Effets de l'huile de Thevetia et de Top bio sur les pucerons et leurs prédateurs en culture cotonnière biologique à Gobé au Centre du Bénin

[Effects of Thevetia oil and Top bio on *Aphis gossypii* and predators in organic cotton production at Gobe in center of Benin]

Saturnin AZONKPIN

Institut de Recherches sur le Coton (IRC), 01 BP 175 Cotonou, Benin

Copyright © 2023 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: Insect pests are a major constraint to cotton production. In order to find an alternative to chemical control of *Aphis gossypii,* the insecticidal effect of *Thevetia* oil and Top bio (based on neem seeds), was evaluated in the field on cotton aphids and their predators in Benin. *Thevetia* oil at 0.1 and 0.2 liters per hectare and Top bio at 2 and 3 liters per hectare were tested in comparison with the agri-bio-pesticide used by organic cotton farmers at the rate of one liter per hectare and an absolute control (untreated) in a Fisher block design. The agri-bio-pesticide was derived from neem seeds, indigenous «koto» soap and pili-pili pepper. Observations and measurements focused on the population level of *A. gossypii* and its predators and then on yield. The results obtained revealed that *thevetia* oil and Top bio significantly ($p<0.05$) reduced aphid damage on cotton at their low dose. Cotton plots treated with 1% *Thevetia* oil had more ladybugs (0.09±0.016) than those treated with Top bio at 2 l/ha (0.02±0.016). Agri-bio-pesticide and Top bio at 2 l/ha reduced the number of ladybirds compared to the «Untreated», while *Thevetia* oil did not. *Thevetia* oil and Top bio did not reduce the number of spiders compared to Agri-bio-pesticide and «Untreated». Biopesticides did not reduce the number of ladybugs and ants compared to the «Untreated». These predators can be used effectively as biological control agents in an integrated pest management strategy for cotton using these biopesticides.

KEYWORDS: Integrated Management, *Aphis gossypii,* Predators, Botanical insecticides, Organic Cotton.

RESUME: Les insectes ravageurs constituent une contrainte majeure à la production du cotonnier. En vue de trouver une alternative à la lutte chimique contre *Aphis gossypii,* l'effet insecticide de l'huile de Thevetia et de Top bio (à base de graines de neem), a été évalué au champ sur les pucerons du cotonnier et leurs prédateurs au Bénin. L'huile de Thevetia dosé à 0,1 et 0,2 litre à l'hectare et le Top bio dosé à 2 et 3 litres à l'hectare ont été testés en comparaison avec l'agri-bio-pesticide utilisé par les producteurs de coton biologique à la dose d'un litre à l'hectare et un témoin absolu (non traité) dans un dispositif en bloc de Fisher. L'agri-bio-pesticide provient des graines de neem, du savon indigène «koto» et du piment pili-pili. Les observations et mesures ont porté principalement sur le niveau des populations de *A. gossypii* et de ses prédateurs puis sur le rendement. Les résultats obtenus ont révélé que l'huile de Thevetia et le Top bio ont permis de réduire significativement ($p<0.05$) les dégâts causés par les pucerons sur le cotonnier à leur faible dose. Les parcelles de cotonniers, traitées avec l'huile de Thevetia dosée à 1%, ont hébergé plus de coccinelles (0,09±0,016) que celles traitées avec Top bio dosé à 2 l/ha (0,02±0,016). L'Agri-bio-pesticide et le Top bio dosé à 2 l/ha ont réduit le nombre de Chrysopes par rapport au «Non traité» contrairement à l'huile de Thevetia. L'huile de Thevetia et le Top bio n'ont pas réduit le nombre d'araignées par rapport à l'Agri-bio-pesticide et le «Non traité». Les biopesticides n'ont pas réduit le nombre de coccinelles et de fourmis par rapport au «Non traité». Ces prédateurs peuvent être utilisés efficacement comme agents de lutte biologique dans une stratégie de gestion intégrée des ravageurs du cotonnier en utilisant ces biopesticides.

MOTS-CLEFS: Gestion intégrée, *Aphis gossypii,* prédateurs, pesticide botanique, Coton biologique.

Corresponding Author: Saturnin AZONKPIN

1 INTRODUCTION

Au Bénin, la filière cotonnière reste confrontée à plusieurs difficultés dont la baisse de la fertilité des sols, les aléas climatiques, les problèmes phytosanitaires (MAEP, 2011). La production du coton biologique est aussi confrontée aux mêmes problèmes. Les attaques dues aux ravageurs tels que les chenilles défoliatrices, les acariens et les insectes piqueurs suceurs comme le puceron *Aphis gossypii* Glover, limitent fortement le rendement du coton-graine (Vaissayre et Deguine, 1996; Vaissayre et Cauquil, 2000; Azonkpin *et al*., 2018a). Le puceron *Aphis gossypii* est un insecte piqueur-suceur polyphage très répandu dans toutes les régions chaudes du monde; il demeure l'un des principaux ravageurs du cotonnier. De par sa reproduction rapide (par parthénogenèse), ce ravageur se rencontre en nombre impressionnant sur les plantes et cause la déformation du feuillage, et le développement de la fumagine du fait du miellat qu'il secrète (Alavo, 2000; Azonkpin *et al*., 2018a).

Au cours de la campagne 2019 - 2020 au Bénin, 1373 tonnes de fibres de coton biologique ont été produites sur 7185 hectares par environ 4976 producteurs de coton biologique (Textile Exchange, 2021). La production du coton biologique est caractérisée par deux principes de base à savoir la gestion naturelle de la fertilité des sols et la nutrition des cultures (par l'apport de fumure organique, la rotation des cultures, des cultures interlignes, etc) et la gestion biologique des ravageurs et maladies du cotonnier (basé essentiellement sur une prévention systématique, la lutte biologique contre des ravageurs et la surveillance permanente de cultures) (Helvetas, 2018).

Plusieurs recherches ont été menées pour la mise au point de méthodes alternatives de gestion des ravageurs plus respectueuse de l'environnement (Delate *et al.,* 2003; Chougourou *et al.,* 2012; Fayalo *et al.,* 2014; Togbé *et al.,* 2014a; Mehinto *et al.,* 2015; Bonni *et al.,* 2018; Azonkpin *et al.,* 2018b et c, Azonkpin *et al.,* 2019). Ainsi, la mise au point et la diffusion de solutions en coton biologique constitue un enjeu stratégique pour une production de coton durable (Ferrigno & Lizarraga, 2009; Delate *et al.,* 2020).

Dans ce contexte, le présent travail vise à évaluer les potentialités de l'huile de Thevetia et de Top bio pour la protection phytosanitaire du cotonnier contre le puceron *Aphis gossypii* puis la sauvegarde des prédateurs. Spécifiquement, il s'agit de déterminer l'influence de deux pesticides botaniques à savoir l'huile de Thevetia et le Top bio sur les pucerons et leurs prédateurs en culture cotonnière au champ.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 ZONE D'ÉTUDE

La présente étude a été menée en 2015 et 2016 au niveau du site de Gobé situé dans l'arrondissement d'Offè à Savè (Figure 1). Le choix de ce site situé dans la zone cotonnière du Centre du Bénin est guidé par les critères de l'importance du volume de coton produit et l'existence de technicien qualifié pouvant conduire efficacement l'expérimentation. De plus, cette Commune fait partie des grandes zones de production du coton au Bénin (Ton et Wankpo, 2004).

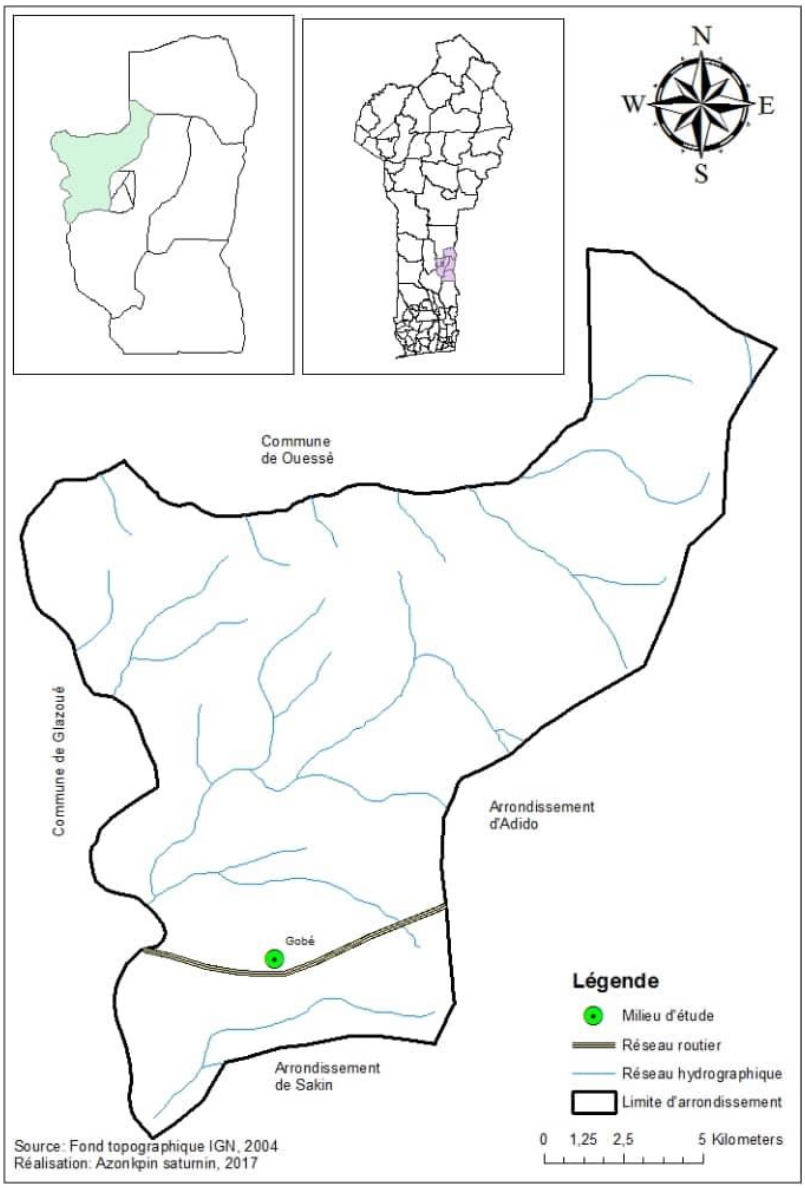


Fig. 1. Situation et présentation de la zone d'étude

2.2 MATÉRIEL

Le matériel végétal utilisé est la variété de cotonnier OKP 768 créée par le Centre de Recherches Agricoles – Coton et Fibres (CRA-CF). Cette variété a succédé à la variété H279-1 qui était cultivée dans la zone depuis plusieurs années. Ensuite, trois types de biopesticides ont été utilisés. Il s'agit du témoin de référence, agri-bio-pesticide qui est actuellement utilisé par la plupart des producteurs de coton biologique au Bénin, du Top bio et de l'huile de Thevetia. L'agri-bio-pesticide est un pesticide biologique à base de graines de neem, du savon indigène "koto" et du piment pili-pili. Selon Deravel *et al.* (2014), l'huile extraite des graines de neem contient plusieurs molécules biologiquement actives dont l'azadirachtine, la nimbidine, la nimbidinine, la solanine, le déacétylazadirchtinol et le méliantriol. De plus, l'activité biocide des alcaloïdes, des saponines et des flavonoïdes extraits des fruits de *Capsicum frutescens* L. a été confirmée par Bouchelta *et al.* (2005). Le Top Bio est aussi un produit naturel à base de graines de neem qui contient de l'azadirachtine, nimbin, citronellal, citronellol, géraniol (Mehinto *et al.,* 2015). L'huile de thevetia contient la thevetin A et la thevetin B, la peruvoside, la nerrifolin, la thevetoxin et la rivoside. C'est un fongicide, un bactéricide et un insecticide (Rajbhar et Kumar, 2014). Les photos suivantes présentent les biopesticides comparés.

Photo 1. Agri-bio-pesticide

Photo 2. Top bio

Photo 3. Huile de Thevetia

2.3 MÉTHODES

2.3.1 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Le dispositif expérimental est constitué des Blocs de Fisher avec 6 objets en 4 répétitions et des parcelles élémentaires de 8 lignes de 9 m de longueur dont 6 lignes sont traitées.

Les objets comparés dans cet essai et leurs caractéristiques sont décrits dans le tableau 1.

Tableau 1. Objets comparés et leurs doses

Objets	Bio-insecticides et concentrations	Dose (l/ha)
A	Non Traité	-
B	Agri-bio-pesticide 1 l/ha	1
C	Top-Bio 2 l/ha	2
D	Top-Bio 3 l/ha	3
E	Huile de *Thevetia* 2%	0,2
F	Huile de *Thevetia* 1%	0,1

Quatorze (14) applications de chaque objet ont été réalisées entre les 31ème et 122ème jours après la levée (j.a.l) de la culture avec une périodicité de 7 jours à l'aide d'un appareil à dos de type Solo 425 qui est un pulvérisateur manuel à dos à pression entretenue contenant 1,7 litres d'eau plus la quantité de produit pour traiter chaque objet aux 31, 38, 45, 52, 59, 66, 73, 80, 87, 94, 101, 108, 115 et 122ème j.a.l. L'agri-bio-pesticide a été obtenu auprès d'une structure de production sise à Aglomè dans la Commune de Djidja. Le Top bio a été obtenu auprès de Bio Phyto Collines à Ogoudako situé dans la commune de Glazoué. L'extraction de l'huile de Thevetia a été réalisée avec 0,0522 g/ml d'éthylacétate à l'aide du dispositif de Soxhlet au Laboratoire de Recherche en Biologie Appliquée (LARBA) et au Laboratoire d'Etude et de Recherche en Chimie Appliquée (LERCA) de l'EPAC à l'UAC. Lors de la préparation de la bouillie de l'huile de Thevetia, il a été ajouté au contenu du pulvérisateur, du savon liquide Mir multi-usages utilisé comme un émulsifiant (adjuvant) à la même dose que le produit.

2.3.2 DONNÉES COLLECTÉES

Dans les conditions d'expérimentations au champ, l'efficacité des extraits de plantes est généralement mesurée à travers l'abondance des populations des ravageurs ou la sévérité des dégâts (Yarou *et al.,* 2017). Ainsi, au niveau de l'évaluation des dégâts des pucerons (*A. gossypii*), nous avons collecté le nombre de plants attaqués à la veille de chaque traitement (T-1), soit au 30, 37, 44, 51, 58, 65, 72, 79, 86, 93, 100, 107, 114 et 121 j.a.l, sur 30 plants par parcelle élémentaire pris par groupe de 5 plants de façon consécutive sur les lignes centrales, selon la méthode séquentielle dite de « la diagonale » (Bruno *et al*., 2000; Nibouche *et al*., 2003) du 30ème au 121ème j.a.l des cotonniers. Concernant l'évaluation de l'effet des biopesticides sur les prédateurs des pucerons, nous avons recensé et dénombré la faune utile associée aux pucerons sur les mêmes plants et aux mêmes dates. Ainsi, le dénombrement des coccinelles (adultes et larves), des syrphes (Adultes et larves), des chrysopes, des araignées, des fourmis, des forficules et des mantes religieuses, a été effectué. Le rendement du coton graine a été aussi évalué après la récolte en 2 passages sur les lignes 4 et 5 selon la formule:

$$Rendement = \frac{Poids\ cumulé\ du\ coton\ des\ 2\ lignes\ (kg)\ x\ 10\ 000\ m^2}{2\ lignes\ X\ 9m\ X\ 0{,}80m}$$

La densité des plants a été évaluée en comptant les plants présents à la récolte sur les lignes 4 et 5.

2.3.3 MÉTHODE D'ANALYSE DES DONNÉES

Afin de tester l'effet « traitement » (facteur fixe) et celui du bloc (facteur aléatoire) sur les pourcentages de plants attaqués par les pucerons; les nombres de prédateurs retrouvés sur les cotonniers; la densité des plants et enfin le rendement, différents modèles ont été utilisés. Il s'agit des modèles linéaires généralisés à effets mixtes, les modèles linéaires généralisés à effets fixes, les modèles linéaires à effets mixtes et des modèles linéaires à effets fixes. Pour chaque catégorie de variable réponse, différents modèles à effets mixtes sont établis et testés (modèle complet, modèle à intercept aléatoire, modèle à pente aléatoire puis modèle à pente aléatoire et intercept aléatoire). Le meilleur est retenu sur la base de l'AICc le plus faible (Burnham et Anderson, 2002). Au cas où il est observé la non-significativité de l'effet bloc (Prob. > 0,05 ou ICC < 50%), le nouveau modèle établit est un modèle croisé fixe. Quand les effets individuels sont significatifs, la structuration des moyennes est faite afin d'identifier les meilleurs groupes de traitement qui ont des effets significatifs sur les pucerons ou leurs prédateurs en culture cotonnière biologique au Bénin.

Le logiciel R Studio 3.3.3 (R Development Core Team, 2017) a été utilisé pour le traitement des données recueillies en culture cotonnière biologique au centre du Bénin. En effet, les fonctions "glmmadmb" et "glmmPQL" du package "glmmADMB" (Bolker *et al,* 2012), dans le cadre des modèles linéaires généralisés à effets mixtes, ont été utilisées pour voir l'existence d'une différence significative des facteurs traitement et bloc suivant le nombre de prédateurs (distribution de poisson et ses extensions ont été testées); le pourcentage de plants attaqués par les pucerons (distribution bêta) dans le temps. Puis la fonction "lme" du package "nlme" (Pinheiro *et al*., 2017), dans le cadre des modèles linéaires à effets mixtes, est utilisée pour ce qui concerne le rendement (distribution normale). La significativité des facteurs fixes a été évaluée avec la fonction "Anova" du package "car" (Fox and Weisberg, 2011) et celle du facteur aléatoire sur la base du calcul des Corrélations InterClasse (ICC). Préalablement, le choix du meilleur modèle a été fait sur la base des résultats produits avec la fonction "AICctab" du package "bbmle" (Burnham et Anderson, 2002). La réalisation des modèles linéaires à effets fixes a impliqué deux cas: (i) cas des modèles linéaires généralisés à effets fixes où la fonction " glm" du package "MASS" (Venables et Ripley, 2002) a été utilisée et (ii) le cas des modèles linéaires à effets fixes avec l'usage de la fonction "lm" du package "stats" par défaut. En cas de différence significative observée au seuil de 5%, un post-hoc test relatif à la méthode de Tukey a été fait pour comparaison multiple de moyennes ajustées du facteur traitement, avec le package 'lsmeans' (Russell, 2016), puis représenté sous forme graphique. Les barres affectées d'une lettre identique ne sont pas statistiquement différentes pour tous les traitements. De même, les valeurs possédant la même lettre ne sont pas significativement différentes.

3 RÉSULTATS

3.1 INFLUENCE DU TOP BIO ET DE L'HUILE DE THEVETIA SUR L'ABONDANCE DES DÉGÂTS DES PUCERONS

La figure 2 présente les résultats de dénombrement des plants attaqués par les pucerons. Ces résultats ont été très hautement significatifs à 0,1% (P = 1,347e-06). Le taux moyen de plants attaqués par les pucerons a varié de 10,22 (top bio dosé à 3 l/ha) à 20,37 (Non traité). Tous les autres biopesticides ont réduit le taux moyen de plants attaqués par les pucerons

par rapport au Non traité. Mais aucune différence significative n'est observée entre les biopesticides qui ont présenté la même performance sur les pucerons que le témoin de référence agri-bio-pesticide.

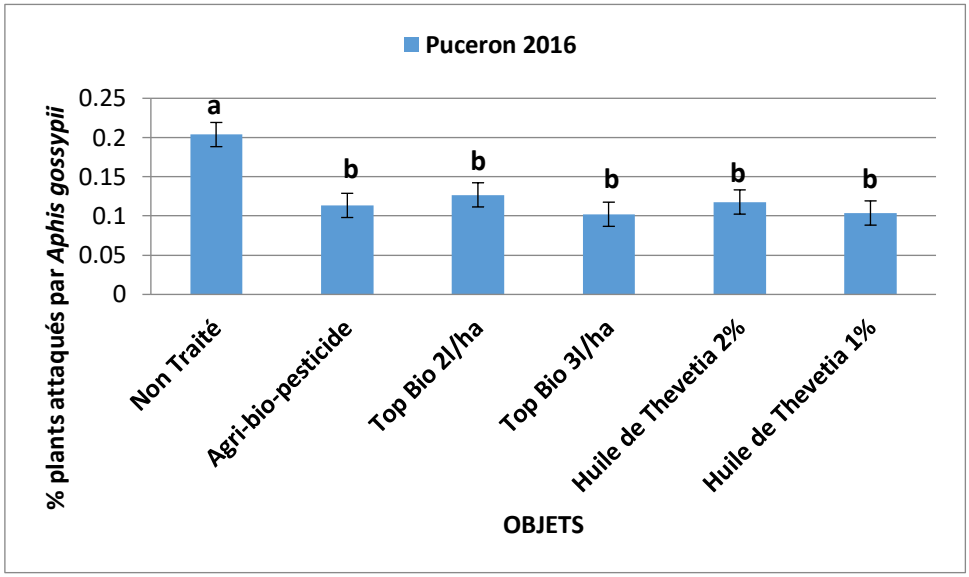


Fig. 2. Pourcentage de plants attaqués par les pucerons

3.2 EFFETS DES BIOPESTICIDES SUR LES PRÉDATEURS DES PUCERONS

3.2.1 EFFETS DES BIOPESTICIDES SUR LES COCCINELLES

La figure 3 montre le nombre moyen de coccinelles dénombrées sur trente plants observés par parcelle élémentaire au cours de cette recherche en 2015. Le nombre de coccinelles a oscillé entre 0,02 (top bio dosé à 2 l/ha) et 0,09 coccinelle (huile de *Thevetia* dosé à 1%). L'analyse statistique des variances a révélé une différence significative (P≤0,05) entre les traitements. Les parcelles traitées avec l'huile de *Thevetia* dosé à 1% ont hébergé plus de coccinelles que celles traitées avec le top bio dosé à 2 l/ha. Mais, aucune différence significative n'est observée entre ces biopesticides comparés à l'Agri-bio-pesticide, et le "Non traité". Ces biopesticides n'ont pas réduit le nombre de coccinelles.

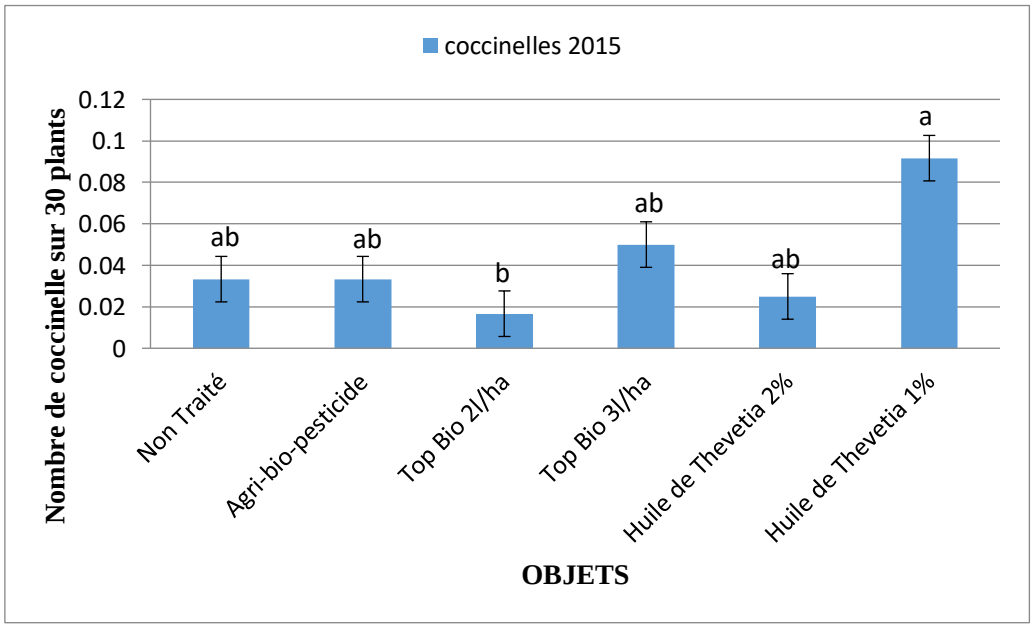


Fig. 3. Nombre de coccinelles recensées sur 30 plants

3.2.2 EFFETS DES BIOPESTICIDES SUR LES ARAIGNÉES

Le nombre moyen d'araignées dénombrées au cours de cette recherche est présenté par la figure 4. Ce nombre a varié de 0,25 à 0,97 araignée sur 30 plants respectivement pour Agri-bio-pesticide et Top bio dosé à 3 l/ha. L'analyse statistique des variances a révélé une différence significative (P≤0,05) entre les traitements. Les résultats ont montré qu'Agri-bio-pesticide a significativement moins hébergé les araignées sur les plants comparativement au traitement Top bio dosé à 3 l/ha. Mais en dehors de Top bio dosé à 3 l/ha, aucune différence significative n'a été observée entre les biopesticides comparés. L'huile de *Thevetia* et le Top bio n'ont pas réduit le nombre d'araignées par rapport à Agri-bio-pesticide et le témoin absolu.

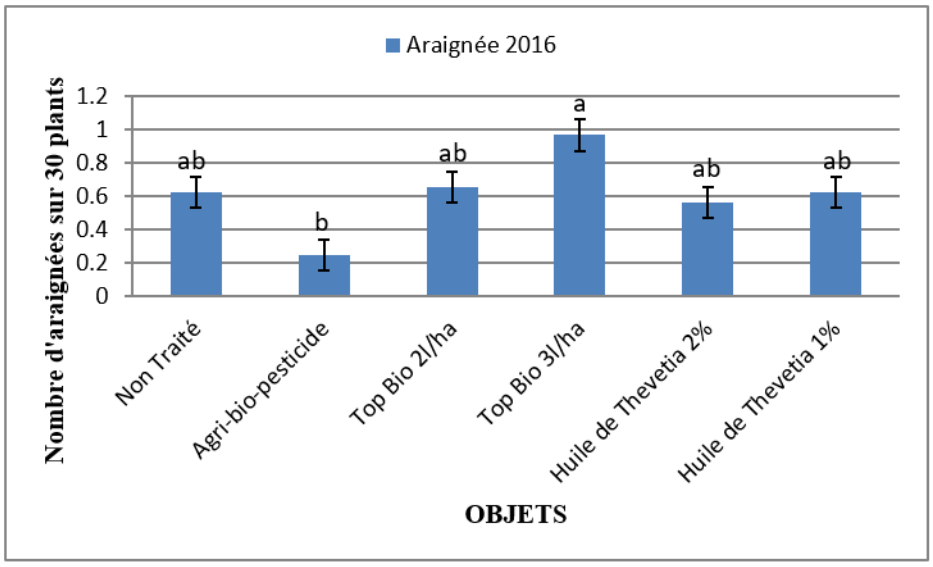


Fig. 4. Nombre d'araignées recensées sur 30 plants

3.2.3 EFFETS DES BIOPESTICIDES SUR LES FOURMIS

La figure 5 montre les résultats de dénombrement des fourmis sur trente plants de cotonnier observés par parcelle élémentaire. Le nombre moyen de fourmis a varié entre 0,17 fourmi (Top bio dosé à 2 l/ha) et 0,36 fourmi (huile de *Thevetia* dosé à 1%) en 2015 contre 0,031 fourmi (Non traité) et 0,31 fourmi (Top bio dosé à 3 l/ha) en 2016. L'analyse statistique des variances a révélé une différence significative (P≤0,05) entre les traitements au cours de ces deux années. En 2015, Top bio dosé à 2 l/ha a réduit significativement le nombre de fourmis par rapport à agri-bio-pesticide et les biopesticides à base d'huile de *Thevetia*. Mais, les biopesticides n'ont pas réduit le nombre de fourmis par rapport au "Non traité". Cette même tendance a été obtenue en 2016 où aucune différence significative n'a été obtenue entre les biopesticides et le témoin absolu.

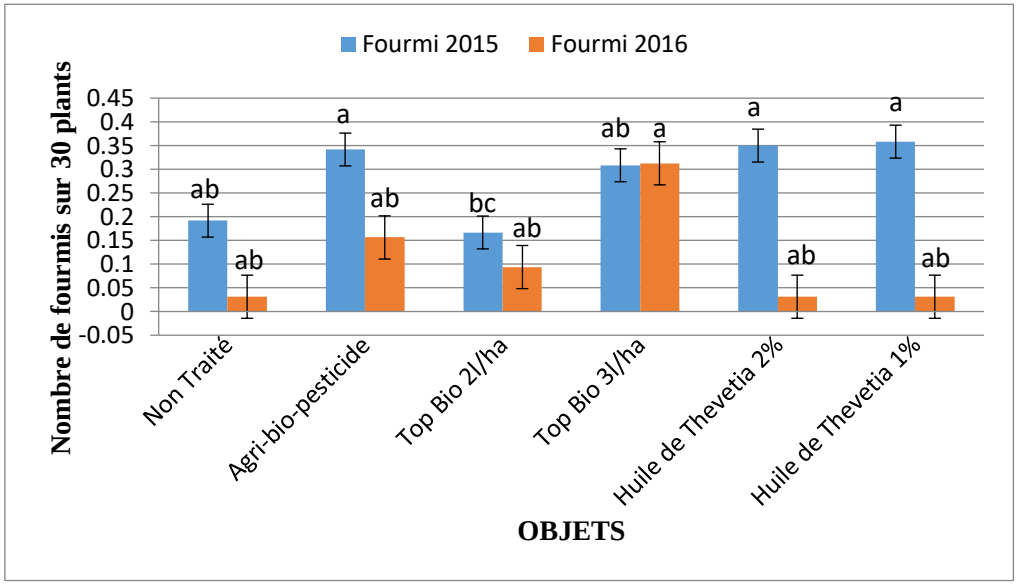


Fig. 5. Nombre de fourmis recensées sur 30 plants

3.2.4 EFFETS DES BIOPESTICIDES SUR LES CHRYSOPES

La figure 6 présente le nombre moyen de Chrysopes dénombrés au cours des travaux de recherche en 2015. Ce nombre a oscillé entre 0,00 chrysope (Top bio dosé à 3 l/ha) et 0,18 chrysopes (Non traité) sur trente plants. Les résultats ont été discriminants au seuil de 5% (P≤0,05). Top bio dosé à 3 l/ha a réduit significativement le nombre de chrysopes par rapport aux autres traitements. De même, Agri-bio-pesticide et Top bio dosé à 2 l/ha ont réduit significativement le nombre de chrysopes par rapport au témoin absolu "Non Traité" et l'huile de *Thevetia*. Mais les biopesticides à base d'huile de *Thevetia* n'ont pas réduit le nombre de Chrysopes par rapport au témoin "Non traité".

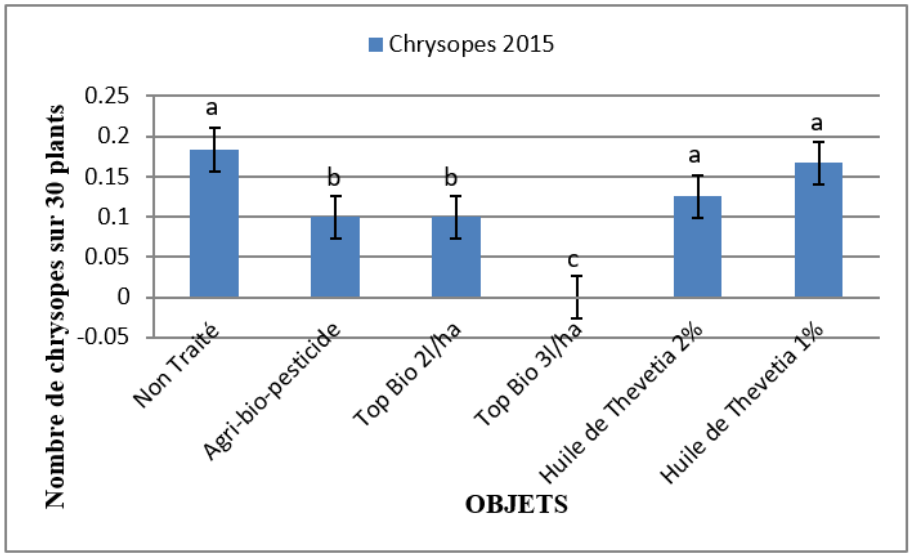


Fig. 6. Nombre de chrysopes recensés sur 30 plants

3.3 INFLUENCE DU TOP BIO ET DE L'HUILE DE THEVETIA SUR LE RENDEMENT DU COTON-GRAINE

Le tableau 2 présente les résultats de rendement de coton graine obtenu en 2015 et 2016. Les parcelles traitées avec l'huile de Thevetia dosé à 2% ont permis d'obtenir 552,08 ±54,24 kg/ha contre 190,97 ±54,24 kg/ha pour les parcelles "Non traitées" en 2015. Mais, en 2016, Ce sont les parcelles traitées avec l'huile de Thevetia dosé à 1% qui ont permis d'obtenir 455,36 ±85,93 kg/ha contre 318,39 ±85,93 kg/ha pour les parcelles "Non traitées". Ces résultats n'ont pas été significatifs au seuil de 5%.

Tableau 2. Rendement de coton-graine en 2015 et 2016

Traitements	Rendement	
	2015	**2016**
Non Traité	190,97 ±54,24	318,39 ±85,93
Agri-bio-pesticide	390,97 ±54,24	321,43 ±85,93
Top Bio 3l/ha	513,89 ±54,24	348,21 ±85,93
Top Bio 2l/ha	461,81 ±54,24	341,25 ±85,93
Huile de Thevetia 2%	552,08 ±54,24	334,82 ±85,93
Huile de Thevetia 1%	489,58 ±54,24	455,36 ±85,93
Chisq	*0,7745*	*9,544*
Pr (chisq)	*0,6407*	*0,3886*

4 DISCUSSION

L'agri-bio-pesticide est un pesticide biologique à base de graines de neem, du savon indigène "koto" et du piment pili-pili. Selon Deravel *et al.* (2014), l'huile extraite des graines de neem contient plusieurs molécules biologiquement actives dont l'azadirachtine, la nimbidine, la nimbidinine, la solanine, le déacétylazadirchtinol et le méliantriol. De plus, l'activité biocide des alcaloïdes, des saponines et des flavonoïdes extraits des fruits de *Capsicum frutescens* L. a été confirmée par Bouchelta *et al.* (2005). Le Top Bio est aussi un produit naturel à base de graines de neem qui contient de l'azadirachtine, nimbin, citronellal, citronellol, géraniol (Mehinto *et al.,* 2015). L'huile de thevetia contient la thevetin A et la thevetin B, la peruvoside, la nerrifolin, la thevetoxin et la rivoside. C'est un fongicide, un bactéricide et un insecticide (Rajbhar et Kumar, 2014).

De nombreuses plantes sont connues et utilisées pour leurs activités biocides (toxique, répulsive, anti-appétante) vis-à-vis d'une large gamme de bioagresseurs (Yarou, 2017).

Les biopesticides comparés dans ce travail, ont tous réduit significativement le pourcentage de plants attaqués par les pucerons par rapport au "Non Traité". Des résultats similaires ont été obtenus avec le baume de cajou qui a permis de contrôler les pucerons à la concentration de 1% (Azonkpin *et al*., 2018a). Il en est de même au niveau des résultats obtenus avec l'émulsion d'huile de colza par Fayalo *et al.,* 2014. En effet, ces auteurs ont montré qu'en milieu semi-réel, le nombre de plants attaqués sur les parcelles traitées s'est considérablement réduit dès le troisième jour après application des produits, et il n'y a pas une différence significative entre l'émulsion d'huile de colza (2% ou 3%) et l'insecticide chimique. Selon Habou *et al.* (2013), plusieurs études démontrent l'effet biocide de l'huile de *Jatropha curcas,* notamment contre des insectes ravageurs importants dont fait partie *Aphis gossypii* Glover (Homoptère: Aphididae). En 2000, Solsoloy *et al.* se sont aussi intéressés à la lutte contre les ravageurs du cotonnier. Les doses de 800 et 1250 ml.ha-1 d'huile de *J. curcas* ont été comparées au profenofos à 400 g.ha-1 et à la deltamétrine à 12,5 g.ha-1. Ils ont constaté que *A. gossypii* a mieux été contrôlé avec l'huile de *J. curcas* qu'avec la deltamétrine.

Les biopesticides comparés dans cette étude, ont présenté une performance équivalente au témoin de référence, Agri-bio-pesticide. Les doses de 1% d'huile de Thevetia et de 2l/ha de Top bio, suffisent donc pour contrôler les pucerons. Selon Youdeowei (2004), les feuilles et graines de neem qui sont les constituants de Top bio et d'Agri-bio-pesticide, contiennent de l'azadirachtine qui est efficace sur les insectes à corps mou tels que les jeunes chenilles, les pucerons et les aleurodes. De plus, nous savons qu'il agit comme inhibiteur de croissance des insectes (Ekra, 2010). Selon Gnango *et al.* (2010), l'extrait de graines de neem contrôle nettement les pucerons et les chenilles du gombo. Les populations de ces insectes sont presque inexistantes sur les parcelles traitées à l'extrait de graine de neem du semis à la fin de la récolte. L'extrait de graines de neem se comporte comme un répulsif et un inhibiteur d'appétit (Anonyme, 1995; Vallet, 2006). Mais, des résultats contraires ont été obtenus par Sane *et al*. (2018) qui ont montré que suivant l'efficacité biologique, l'Azadirachtine A a permis un contrôle moyen de 32% sur les pucerons contre 33% pour le Profénofos. Plusieurs travaux ont confirmé aussi l'activité biocide de l'huile de Thevetia. En effet, les travaux de Azonkpin *et al.* (2020b) ont montré que l'huile de Thevetia dosé à 1% et 2% a présenté la même performance que le témoin de référence agri-bio-pesticide pour le contrôle de *H. armigera, E. biplaga, P. gossypiella* et *T. leucotreta*. Des résultats similaires ont été obtenus par Chougourou *et al*. (2012) qui ont révélé que l'huile de *Thevetia peruviana* a présenté une propriété larvicide très forte contre les larves de *Musca domestica* au stade 3. Elle a été aussi efficace sur les moustiques qui sont résistants aux insecticides chimiques comme les pyréthrinoïdes (Akpo *et al.,* 2017).

Concernant l'effet des biopesticides sur les prédateurs, les résultats ont révélé que l'huile de Thevetia 1% a hébergé plus de coccinelles que le Top bio 2 l/ha. Mais, aucune différence significative n'a été observée entre ces biopesticides comparés à l'Agri-bio-pesticide, et le "Non traité", qui n'ont pas réduit le nombre de coccinelles. Ces résultats sont conformes à ceux de Azonkpin *et al.* (2018a) qui ont montré que les parcelles non traitées ont hébergé autant de coccinelles que celles traitées avec l'Agri-bio-pesticide et les biopesticides à base de baume de cajou. Ces derniers n'ont pas influencé la distribution des coccinelles dans les parcelles. Deravel *et al*. (2014) ont montré que la coccinelle est l'insecte auxiliaire le plus connu. La coccinelle *Rodolia cardinalis* prélevée en Australie est couramment utilisée comme prédateur de la cochenille *Icerya purchasi*.

L'agri-bio-pesticide a réduit les araignées sur les plants comparativement à Top bio dosé à 3 l/ha. L'huile de *Thevetia* et le Top bio n'ont pas réduit le nombre d'araignées par rapport à Agri-bio-pesticide et le "Non traité". Ces résultats sont similaires à ceux de Azonkpin *et al.* (2018a) qui ont montré que l'Agri-bio-pesticide et le baume de cajou n'ont pas réduit le nombre d'araignées par rapport au Non Traité. Selon Deravel *et al.* (2014), dans la quête de nouveaux bio-insecticides, une attention particulière a été portée aux venins d'araignée depuis ces 10 dernières années. En effet, ceux-ci sont composés de centaines toxines et substances actives qui vont affecter le système nerveux des insectes afin de les paralyser pour ensuite provoquer leur mort. Ils ne sont pas seulement actifs après une morsure, mais le sont également après ingestion, ce qui les rend particulièrement intéressants. Les différentes substances de ces venins ont plusieurs cibles. Ils peuvent aussi bien modifier la conductance de plusieurs canaux ioniques (calcique, potassique, sodium), perturber la disposition des doubles couches lipidiques, agir au niveau de la terminaison des nerfs pré-synaptiques que des récepteurs Nméthyl-D-aspartate. Les multiples cibles des venins vont limiter l'apparition d'insectes résistants.

Top bio dosé à 2 l/ha a réduit le nombre de fourmis par rapport à Agri-bio-pesticide et les biopesticides à base d'huile de *Thevetia*. Mais les biopesticides comparés n'ont pas réduit le nombre de fourmis par rapport au "Non traité". Ces résultats sont conformes à ceux de Azonkpin *et al.,* (2018a) qui ont montré que l'Agri-bio-pesticide n'a pas réduit le nombre de fourmis par rapport au Non Traité. Les fourmis ne sont pas des prédateurs des pucerons mais ils vivent en symbiose avec ces derniers (Miranda *et al.,* 2013). Les fourmis se nourrissent du miellat produit par les pucerons (McLain, 1980). Selon Guénard (2007), les fourmis, par leur rôle écologique au sein des écosystèmes, ont développé des relations de mutualisme avec de nombreux organismes dont font partie les pucerons. Ainsi cet auteur a mis en évidence divers bénéfices pour les pucerons dont le bénéfice majeur retiré de cette association est la protection contre leurs ennemis naturels.

Le top bio dosé à 3 l/ha a réduit le nombre de Chrysopes par rapport aux autres objets. De même, l'agri-bio-pesticide et le top bio dosé à 2 l/ha ont réduit le nombre de Chrysopes par rapport au témoin absolu "Non traité". Mais les biopesticides à base d'huile de *Thevetia* n'ont pas réduit le nombre de Chrysopes par rapport au témoin "Non traité". Ces résultats sont conformes à ceux de Azonkpin *et al.,* (2018a) qui ont montré que les parcelles non traitées ont hébergé plus de Chrysopes que celles traitées avec l'agri-bio-pesticide.

Les prédateurs retrouvés dans cette étude font partie des groupes de prédateurs rencontrés sur le cotonnier au Paraguay. En effet, Silvie *et al.* (2014) ont constaté qu'au champ, trois groupes de prédateurs sont aisément observés sur le cotonnier: (i) les insectes des familles Chrysopidae, Coccinellidae, Dolichopodidae, Hemerobiidae et Syrphidae, liées aux infestations importantes du puceron *Aphis gossypii* Glover 1877; (ii) les punaises polyphages aux couleurs souvent attrayantes de la famille des Reduviidae et (iii) les Hyménoptères prédateurs de la famille des Vespidae, très actifs, à la recherche de chenilles phyllophages comme *Alabama argillacea* (Hübner 1823). Mensah et al. (2012) ont montré que les applications de Benin Food Product (BFP) au coton biologique, avec et sans autres agents de lutte biologique, ont attiré et augmenté la densité d'insectes prédateurs, réduisant considérablement le nombre d'insectes nuisibles et produisant des rendements supérieurs à ceux du coton traité à l'extrait de neem ou du coton non traité.

Les biopesticides présentent un réel avantage du fait de leur faible rémanence, leur faible toxicité pour l'homme et leur mode d'action sur les ravageurs. Ils sont moins dangereux pour l'environnement et pour l'homme (Habou *et al.,* 2013). L'utilisation du Top bio et de l'huile de Thevetia, offrirait de nombreux avantages aux petits producteurs d'Afrique. En effet, en plus d'être peu onéreux, ces pesticides botaniques ont l'avantage d'être sains pour la santé humaine et pour l'environnement, et de ce fait contribueraient à protéger les prédateurs qui participent à la régulation naturelle des populations des ravageurs du cotonnier.

5 CONCLUSION

Les dégâts des pucerons, *Aphis gossypii,* constatés en début et en fin de cycle du cotonnier, peuvent affecter le rendement en coton-graine. Les résultats de cette étude montrent que l'huile de Thevetia et le top bio issus de la flore béninoise, présentent une activité insecticide relative vis-à-vis des pucerons du cotonnier.

Ces biopesticides d'origine végétale présentent des effets périphériques relatifs vis-à-vis des prédateurs. En effet, l'utilisation de l'huile de Thevetia n'a pas réduit la densité des prédateurs rencontrés dans les parcelles d'essai. Il s'agit des coccinelles, des araignées, des fourmis et des Chrysopes. De même, le Top bio n'a pas réduit le nombre de coccinelles, d'araignées et de fourmis. Par contre le top bio et l'agri-bio-pesticide ont réduit le nombre de Chrysopes.

Le Top bio dosé à 2 l/ha a réduit le nombre de fourmis par rapport à Agri-bio-pesticide et les biopesticides à base d'huile de *Thevetia*. De même le Top bio dosé à 3 l/ha a réduit le nombre de Chrysopes par rapport aux autres objets. L'Agri-bio-pesticide a réduit le nombre d'araignées sur les plants comparativement au traitement Top bio 3 l/ha. L'huile de *Thevetia* dosé à 1% a hébergé plus de coccinelles que le Top bio dosé à 2 l/ha.

Des études futures devraient s'intéresser aux associations de ces biopesticides, à l'identification des composés insecticides de l'huile de *Thevetia,* aux méthodes de formulation et d'application de ces biopesticides dans les champs cotonniers contre les ravageurs, ainsi qu'aux risques de résidus potentiels pour la santé humaine et animale.

REFERENCES

[1] Akpo A. A., 2017. Evaluation de l'efficacité des extraits des Plantes locales pour le contrôle des vecteurs du paludisme résistants aux pyréthrinoïdes au Bénin (Afrique de l'Ouest). Thèse de Doctorat de l'Université d'Abomey-Calavi. 253p.

[2] Alavo T. B. C., 2000. Investigation on the entomophatogenic fungus *Verticillium lecanili* (Zimm) Viegas (Hyphomycetes: Moniliceae) for the biological control of aphids (Homoptera: Aphididae). Verlag Dr.: Köster, Berlin; 101p.

[3] Anonyme, 1995. L'utilisation de la bouillie de neem contre les insectes des cultures maraîchères. Fiche technique, Projet Bénino-Allemand, Protection des végétaux SPV/GTZ, Bénin 24 p.

[4] Azonkpin S., Chougourou C. D., Djihinto C. A., Aouco A., AkpoA. A., Soumanou M. M., 2020b. Efficacité du Top Bio et de l'huile de Thevetia contre les chenilles carpophages du cotonnier au Centre du Benin. *European Journal of Scientific Research* 158 (2).77-93. http://www.europeanjournalofscientificresearch.com

[5] Azonkpin S., Djihinto C. A., Bonni G., Fayalo D. G., Houndete A. T., Chougourou C. D., 2020a. Effets de l'huile de Thevetia et de Top bio sur les prédateurs en culture cotonnière biologique à Gobé au Centre du Bénin. *European Scientific Journal,* 16 (33), 284. https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n33p284.

[6] Azonkpin S., Akpo A. A., Kpoviessi A. D., Santos C. C. J., Djihinto C. A., Chougourou C. D. 2019. Efficacité du baume de cajou contre les chenilles carpophages du cotonnier au Centre du Bénin. *Les Cahiers du CBRST « Agriculture, Environnement et Sciences de l'Ingénieur »* N° 15; ISSN: 1840-703X, Dépôt légal n° 11535, Bibliothèque Nationale du Bénin. 24-46.

[7] Azonkpin S., Chougourou C. D., Djihinto C. A., Bokonon-Ganta H. A., Ahoton E. L., Dossou J., Soumanou M. M., 2018a. Effets du baume de cajou sur les pucerons et leurs prédateurs en culture cotonnière biologique au Centre du Bénin. *European Journal of Scientific Research,* 150 (4), 405-419.

[8] Azonkpin S., Chougourou C. D., Agbangba C. E., Santos J. C. C., Soumanou M. M., Vodouhe D. S. 2018b. Typologie des systèmes de culture de coton biologique au Bénin; *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 12 (4): 1688-1704.

[9] Azonkpin S., Chougourou C. D., Bokonon-Ganta H. A., Dossou J., Ahoton E. L., Soumanou M. M., Vodouhe D. S. 2018c. Efficacité du baume de cajou contre les chenilles carpophages du cotonnier au Nord du Bénin. *European Scientific Journal* 14 (24): 464-489.

[10] Bolker B., Skaug H., Magnusson A., Nielsen A., 2012. Getting started with the glmmADMB package. Retrieved from http://glmmadmb.r-forge.r-project.org/glmmADMB.html.

[11] Bonni G., Azonkpin S., Paraïso A., 2018 Efficacité des programmes de traitement phytosanitaire à base de kaolin, de neem et d'insecticide dans la gestion des chenilles endocarpiques du cotonnier dans la zone Centre du Bénin. *International Journal of Innovation and Scientific Research,* 40 (1), 20-31.

[12] Bouchelta A., Boughdad A., Blenzar A., 2005. Effets biocides des alcaloïdes, des saponines et des flavonoïdes extraits de Capsicum frutescens L. (Solanaceae) sur Bemisia tabaci (Gennadius) (Hom; Aleyrodidae). *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment* 9: 259-269.

[13] Bruno M., Togola M., Térétal., Traoré N. N., 2000. La lutte contre les ravageurs du cotonnier au Mali: problématique et évolution récente. *Cahiers Agricultures* 9: 109-115.

[14] Burnham K. P., Anderson D. R., 2002. Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach, 2nd edn. Springer, New York.

[15] Chougourou C. D., Dellouh P. L., Agbaka A., N'guessan K. R., Gbenou J. D., 2012. Toxicité et effets répulsifs de certaines huiles extraites des plantes locales béninoises sur la mouche domestique *Musca domestica* L. (Diptera Muscidae). *Journal of Applied Biosciences* 55: 3953– 3961.

[16] Delate K., Heller B., Shade J., 2020. Organic cotton production may alleviate the environmental impacts of intensive conventional cotton production. *Renewable Agriculture and Food Systems* 1–8. https://doi.org/10.1017/S1742170520000356.

[17] Delate, K., Duffy, M., Chase, C., Holste, A., Friedrich, H., & Wantate, N., 2003. An economic comparison of organic and conventional grain crops in a Long-Term Agroecological Research (LTAR) site in Iowa. *American Journal of Alternative Agriculture,* 18, 59-69. http://dx.doi.org/10.1079/AJAA200235.

[18] Deravel J., Krier F., Jacques P., 2014. Les biopesticides, compléments et alternatives aux produits phytosanitaires chimiques (synthèse bibliographique). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 18 (2), 220-232.

[19] Ekra A. K., 2010. Etude comparée de l'efficacité des extraits aqueux de graines de neem (*Azadirachta indica* Juss) et de feuilles d'eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis*) dans la lutte contre les insectes du gombo (Abelmoschusesculentus L.). Mémoire d'Ingénieur en agriculture générale, Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny, Ecole Supérieure d'Agronomie. 52p.

[20] Fayalo D. G., Sokenou D. F. H., Aboudou M., Alavo C. B. T., 2014. Effet de l'huile de colza sur les populations du puceron Aphis gossypii pour la protection du cotonnier. Int. J. Biol. Chem. Sci. 8 (6): 2508-2515. DOI: http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v8i6.13.

[21] Ferrigno S., Lizarraga A., 2009. Les composants d'un système de production durable du coton: Perspectives suivant l'expérience du coton organique. ICAC RECORDER. 14-24.

[22] Fox J., Weisberg S., 2011. An {R} Companion to Applied Regression, Second Edition. Thousand Oaks CA: Sage. URL: http://socserv.socsci.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion.

[23] Gnago A. J., Danho M., Atcham Agneroh T., Fofana K. I., Kohou G. A., 2010.Efficacité des extraits de neem (Azadirachtaindica) et de papayer (Caricapapaya) dans la lutte contre les insectes ravageurs du gombo (Abelmoschusesculentus) et du chou (Brassicaoleracea) en Côte d'Ivoire. Int. J. Biol. Chem. Sci. 4 (4): 953-966.

[24] Guénard B., 2007. Mutualisme fourmis pucerons et guilde aphidiphage associée: Le cas de la prédation furtive. Mémoire de maitrise en biologie, Université du Québec à Montréal. 133p.

[25] Habou A. Z., Haubruge E., Adam T., Verheggen J. F., 2013. Insectes ravageurs et propriétés biocides de Jatropha curcas L. (Euphorbiaceae): synthèse bibliographique. Biotechnol. Agron. Soc. Environ.17 (4), 604-612.

[26] Helvetas, 2008. Guide de production du coton biologique et équitable. Un manuel de référence pour l'Afrique de l'Ouest. Helvetas, Association Suisse pour la Coopération Internationale Weinbergstrasse 22a, Case postale, 8021 Zurich, Suisse, 49 p.

[27] MAEP, 2011. Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole. 116p.

[28] McLain D. K., 1980. Relationships among ants, aphids, and coccinellids on wild lettuce. *Georgia Entomol. Soc*. 15: 417-418.

[29] Mehinto J. T., Atachi P., Elégbédé M., Kpindou O. K. D., Tamò M., 2015. Efficacité comparée des insecticides de natures différentes dans la gestion des insectes ravageurs du niébé au Centre du Bénin. Journal of Applied Biosciences 84: 7695 – 7706.

[30] Mensah R. K., Vodouhe D. S., Sanfillippo D., Assogba G., Monday P., 2012. Increasing organic cotton production in Benin West Africa with a supplementary food spray product to manage pests and beneficial insects, International Journal of Pest Management, 58: 1, 53-64.

[31] Miranda J. E., Rodrigues S. M. M., de Almeida R. P., da Silva C. A. D., Togola M., Hema S. A. O., Somé N. H., Bonni G., Adegnika M. O., Doyam A. N., Diambo B. L., 2013. Reconnaissance de ravageurs et ennemis naturels pour les pays C-4. Embrapa Information Technologique. 74p.

[32] Nibouche S., Beyo J., Gozé E., 2003. Mise au point d'une méthode d'échantillonnage rapide des chenilles de la capsule du cotonnier. In Savanes africaines: des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis. Actes du colloque, Garoua, Cameroun (pp. 5-p). Cirad- Prasac.

[33] Pinheiro J., Bates D., DebRoy S., Sarkar D., R Core Team., 2017. _nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models_. R package version 3.1-131.

[34] Rajbhar N., Kumar A., 2014. Pharmacological importance of Thevetia peruviana. International Journal of Pharmaceutical and Chemical Sciences, 3 (1): 260-263.

[35] R Development Core Team, 2017. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. www.r-project.org

[36] Russell V. L., 2016. Least-Squares Means: The R Package lsmeans. Journal of Statistical Software, 69 (1), 1-33. doi: 10.18637/jss.v069.i01

[37] Sane B., Badiane D., Gueye M. T., Ousmane Faye O. 2018. Évaluation de l'efficacité biologique d'extrait de neem (*Azadirachta indica* Juss.) comme alternatif aux pyréthrinoïdes pour le contrôle des principaux ravageurs du cotonnier (*Gossypium hirsutum* L.) au Sénégal. Int. J. Biol. Chem. Sci. 12 (1): 157-167. https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v12i1.12.

[38] Silvie J. P., Delvare G., Aberlenc P.-H., Prudent P., Gil-Santana H., Gomez A. V., Cardozo R., Michel B., 2014. Diversité des Arthropodes rencontrés en culture cotonnière au Paraguay. 2. Insectes prédateurs, parasitoïdes et hyperparasitoïdes. Entomologie Faunistique – Faunistic Entomology, 67, 179-191.

[39] Solsoloy A.D., Domingo E.O., Cacayorin M.D., Damo M.C., 2000. Chemical insecticides for cotton pest control. In: Proceedings of Regional Research and Development Symposia, Jul. Sep. 1999. Los Banos, Laguna, Philippines: Philippine Council for Agriculture, Forestry and Natural Resources Research and Development.

[40] Textile Exchange. 2021. Organic Cotton Market Report 2021. 87p.

[41] Togbé C. E., Haagsma R., Zannou E., Gbêhounou G., Déguénon J. M., Vodouhê S., Kossou D., van Huis A., 2014b. Field evaluation of the efficacy of neem oil (*Azadirachta indica* A. Juss) and *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. in cotton production. *Journal of Applied Entomology*. 139: 217-228. Doi: 10.1111/jen.12174.

[42] Ton P., Wankpo E., 2004. La production du coton au Bénin. Projet d'analyse d'une spéculation agricole par pays, financé par le programme «Renforcement des capacités commerciales» de la F.I.P.A. (Fédération Internationale des Producteurs Agricoles). 51p.

[43] Vaissayre M, Deguine J. P. 1996. Cotton protection programmes in francophone Africa. Phytoma489: 26 – 29. [37] Vaissayre M, Cauquil J., 2000. Main Pests and Diseases of Cotton in Sub-Saharan Africa. CIRAD Service des Éditions: Montpellier, France, 60 p.

[44] Vallet C., 2006. Le neem insecticide naturel, petit guide pratique. www.hsf.France. com: images/NEEM2pdf.

[45] Venables W. N., Ripley B. D., 2002. Modern Applied Statistics with S. Fourth Edition. Springer, New York. ISBN 0-387-95457-0.

[46] Yarou B. B., Silvie P., Assogba Komlan F., Mensah A., Alabi T., Verheggen F., Francis F., 2017. Plantes pesticides et protection des cultures maraichères en Afrique de l'Ouest (synthèse bibliographique). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*. 21 (4), 288-304.

[47] Youdeowei A., 2004. Guide de vulgarisation de la lutte intégrée (Volume 4). La Pratique de la lutte intégrée en production maraîchère. Ghana, MOFA, PPRD, 49 p.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 4 Jun. 2023, pp. 1739-1746
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Profitability Analysis of Zai Pits Use in Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) Production under Normal watering and Drought Stress Conditions

Thiombiano Célestin[1-2], Lado Abdulrahman[2], Serme Idriss[1], Batieno T. Benoit Joseph[1], Ali Malam Labo Mohamed[3], Tignegre Jean-Baptiste De La Salle[1-4], Yelemou Barthelemy[5], Sawadogo Mahamoudou[6], Jibrin Mohammed Jibrin[7], M. A. Hussaini[2], and Bassam Abdulrahman Lawan[7]

[1]Département Production Vegetale, Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), Kamboinsin, Burkina Faso

[2]Department of Agronomy, Bayero University, Kano, Nigeria

[3]International Crops Research Institue for Semi-Arid Tropics, Niamey, Niger

[4]African Agricultural Technology Foundation (AATF), Abuja, Nigeria

[5]Département Gestion des Ressources Naturelles et Système de Production, Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles, INERA-Saria, Koudougou, Burkina Faso

[6]Département de Biologie et Physiologie Végétale, Université Joseph KI-ZERBO, Ouagadougou, Burkina Faso

[7]Department of Soil Science, Bayero University, Kano, Nigeria

Copyright © 2023 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 zai system is a traditional agricultural practice used for crops production for water and nutrients management. A study was conducted in Burkina Faso at Kamboinsin to evaluate the profitability of the zai use in cowpea cultivation. Treatments consisted of three levels of drought stress (control, drought stress at seedling and flowering stages), three zai levels (control (tillage); 15 and 25 cm zai depth) and the variety at four levels (Gorom local, Moussa local, KVx396-4-5-2D, Tiligre). The experimental design was a split-split-plot replicated three times. Grain yield and economic data were recorded and cost and returns analysis performed. 25 cm zai depth recorded the highest total variable cost and the control the least. In control conditions, the highest grain yield and net revenue were recorded in 25 cm zai depth for 50% of the varieties and in 15 cm zai depth for the others. In seedling and flowering stages drought stress conditions, the highest net revenue was recorded in 25 cm zai depth, while the lowest was recorded in the control (tillage). The highest benefit-cost ratio was consistently registered in the control (tillage) for drought-tolerant varieties. For drought-sensitive varieties, higher benefit-cost ratio was registered in zai pits in seedling-stage drought stress conditions. The use of manual zai substantial increases cowpea grain yield, but does not consistently guarantee a high economic profit. The mechanical construction of zai could reduce the cost of pits implementation and increase the financial profitability.

KEYWORDS: Zai pit, drought stress, cowpea, grain yield, profitability.

1 INTRODUCTION

Cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp) is a leading food legume in tropics, mostly in sub-Saharan Africa that contributes to about 95.8% of its worldwide production (1). In west Africa, the largest cowpea producer countries are Nigeria, Niger, Ghana, Mali, Senegal and Burkina Faso (2,3). In Burkina Faso, cowpea is the third food crop after sorghum and millet (4). Cowpea

Corresponding Author: Thiombiano Célestin

production constitutes a large source of incomes for many rural households and participates to producer's economic expansion (1). Burkina Faso is one of the main cowpea grain exporters, while Ivory Coast, Gabon, Ghana, Mauritania, Togo and Nigeria are the main importers of cowpea grains (3). These exchanges are sources of devises for those countries. Though, cowpea is a resilient crop and able to adapt to some extreme conditions, but its productivity remains very low due to several biotic and abiotic constraints (5,6). The abiotic constraints encountered by farmers in cowpea production are essentially the low fertility of soils, the use of inappropriate agricultural practices and constraints related to climate, especially drought (6,7). The lack of water resources due to low and erratic rainfall leading to drought spells during production seasons is the first problem faced by cowpea producers (8). Drought negatively affects both fodder and grain yield of cowpea (9). The importance of the effects on yield attributes depends on the stage of occurrence (10). Drought stress at cowpea reproductive stage causes improper maturity of seeds leading to a huge decrease of grain yield (9). Soil and crop management practices should be adopted and promoted to mitigate the drastic effects of drought stress on cowpea production regarding its importance for rural populations. Amongst those practices we have the zai pits technology, an ancestral technic used for soil fertility restoration and water and organic manure management in cropping field (11). Farmers innovations are central to zai system in Sahelian zones of Burkina Faso (11). When well executed, this technique can increase production by about 500% (12). However, promoting an agricultural practice that enables increasing crops productivity is good but knowing the potential economics returns of it use is important, mostly when the aim of production is of gathering financial incomes. In addition, the efficiency of the zai practice could be dependent to the crop variety and the growing condition. Thus, this study has for aim of knowing the financial profitability of zai of different depths in cowpea production under normal-watering and drought stress conditions.

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 SITE OF STUDY

The study was conducted in Burkina Faso during the dry season of 2020 and 2021 at Kamboinsin agricultural and environmental research and training centre (CREAF), one of the Regional Centres of the Institute of Environment and Agricultural Research (INERA). This centre is located in the northeast region of Ouagadougou, the capital city of the country at 12°28' N and 01°33' W at 300 m above sea level.

2.2 TREATMENTS AND EXPERIMENTAL DESIGN

The experiment consisted of three factors: the zai depth at three levels of treatments (tillage (the control), 15 cm depth and 25 cm depth), the drought stress at three levels (control; drought at seedling stage and drought stress at flowering stage) and the variety at four levels (Gorom local, Moussa local, KVx396-4-5-2D, Tiligre). The choice of flowering stage for drought imposition is guided by the fact that drought at flowering stage of cowpea development is the most devastating compared to the other stages of development (Toudou *et al*., 2018). The experimental design was a split-plot with the zai depth in the main plot and the variety in the sub-plot. These treatments combined were replicated three times.

2.3 SOIL PREPARATION AND SOWING

The soil preparation consisted of zai pits construction for the treatments 15 and 25 cm zai depth and tillage for the control. The digging of holes was manually done in lines of 3 m with an inter-row and inter-holes spacing respectively of 80 cm and 40 cm.

2.4 CROPS MANAGEMENT AND HARVEST

The crop management consisted of weeding, fertilization and pesticide application.

The weed management within each plot was done by manual hoe. The NPK (14-23-14) at the rate of 100 kg per hectare was applied as fertilizer one week after sowing to favour a good development of plants.

The plants protection against crops pests during their reproductive stage was done by applying the Delta cal insecticide at the rate of 0.02 kg active ingredient ha^{-1} at the beginning flowering and the beginning of pods formation using Knapsack sprayer.

The harvest was done at physiological maturity of pods.

2.5 Data Collection

Crop data

The grain yield was the only crop data collected. Harvested pods were sun-dried and threshed. The grains of each variety in each net plot were weighted and the yield calculated at hectare scale using the following formula.

$$Grain\ yield\ ha^{-1} = \frac{Grain\ yield\ of\ net\ plot\ (kg)}{Harvested\ area\ per\ net\ plot\ (m^2)} * 10000\ m^2$$

Economic data

The economic data included the cost of seeds, land preparation, sowing and crops maintenance, especially cost of fertilizer, herbicides and weeding carefully recorded for each variety in each zai level.

2.6 Economic Analysis

The cost of inputs and labour were noted and the economic returns calculated through the following variables and formula.

Total variable cost = cost of land preparation, seeds, sowing, herbicide application, fertilizer, weeding and harvest.

Gross revenue = Grain yield per hectare * 0.67 US$ (the prevailing market price of cowpea grains in Burkina Faso at the time of harvest)

Net revenue = Gross revenue – Total variable cost

$$Benefit\text{-}cost\ ratio = \frac{Net\ revenue}{Total\ variable\ cost}$$

3 Results

3.1 Variables Cost And Returns Of Soil Preparation Methods

The total variable cost and the economic returns depending on the soil preparation method are presented in Table 1. The highest total variable cost, including expenses incurred in holes' implementation or tillage, seed cost, sowing and plants maintenance was recorded with 25 cm zai depth (971.875 US$ ha^{-1}), followed by that of 15 cm depth (706.25 US$ ha^{-1}). The control (conventional tillage) recorded the least (234.5 US$ ha^{-1}).

In control conditions, the grain yield and subsequently the gross revenue as well as the net revenue were higher in 25 cm zai depth. 15 cm zai depth recorded intermediate average values, while the control (tillage) recorded the lowest. However, the highest benefit-cost ratio was registered in the control, while 25 cm zai depth recorded the least.

In drought stress conditions, the highest grain yield and gross revenue increased with increasing zai depth. In sedling-stage drought stress conditions, 15 cm zai depth recorded the highest net revenue, while 25 cm zai depth recorded the least. However, when drought was aapplied to plants at flowering stage, the highest net revenue was registered in 25 cm zai depth and the lowest in 15 cm zai depth. Similarly, to the unstressed control, the highest benefit-cost ratio was consistently recorded in the tilled soil (the control), while lower average values were exhibited by the zai pits.

Table 1. Variable cost and economic returns depending on the soil preparation method

Variable	Soil preparation method		
	Tillage	15 cm zai depth	25 cm zai depth
COST ($/ha)			
Soil preparation	59.5	531.25	796.875
Seed	42.5	42.5	42.5
Sowing	42.5	42.5	42.5
Plant maintenance	90	90	90
Total	234.5	706.25	971.875
REURNS			
		Control conditions	
Grain yield (kg/ha)	2054.03	3034.36	3892.62
Gross revenue ($/ha)	1376.20	2033.02	3054.26
Net revenue ($/ha)	1141.70	1326.77	1636.18
Benefit-cost ratio	4.86	1.87	1.68
		Drought at seedling stage	
Grain yield (kg/ha)	1654.03	2609.36	2742.62
Gross revenue ($/ha)	1108.19	1748.27	1837.55
Net revenue ($/ha)	873.69	1042.02	865.68
Benefit-cost ratio	3.72	1.47	0.69
		Drought stress at flowering stage	
Grain yield (kg/ha)	575.97	911.11	2162.34
Gross revenue ($/ha)	385.90	610.44	1448.77
Net revenue ($/ha)	149.90	-95.81	476.89
Benefit-cost ratio	0.64	-0.14	0.49

3.2 Grain Yield, Profitability And Benefit-Cost Ratio Of The Use Of Zai Pits For Cowpea Varieties Production Under Non Limiting-Water Conditions

Table 2 presents the cost and returns depending on the variety, the zai level under unstressed conditions (control), The economic returns analysis showed that in non-limiting water conditions, 50% of the varieties (Gorom local and KVx396-4-5-2D) recorded the highest grain yield and consequently the highest gross revenue in 15 cm zai depth and 50% (Moussa local and Tiligre) in 25 cm zai depth. Lower grain yield and gross revenue were consistently recorded in the control (tillage) for all the varieties, except for Tiligre for which lower values were registered in 15 cm zai depth. The increase of yield in 15 and 25 cm zai depth were respectively of 57% and 65% compared to the tilled soil (the control). The highest net revenue was recorded in 15 cm zai depth for Gorom local and KVx396-4-5-2D, in 25 cm zai depth for Tiligre and in the control for Moussa local. The lowest net revenue was observed in the control (tillage) for Gorom local and Tiligre and in 25 cm zai depth for the others. The highest benefit-cost ratio was consistently recorded in the control zai (tillage) for all the varieties. Lower benefit-cost ratio was recorded in the deepest zai (25 cm) for 75% of the varieties; except for Tiligre that exhibited lower value in 15 cm zai depth.

Table 2. Economic values of the use of zai for four cowpea varieties in control conditions averaged from two seasons

Variety	Zai depth (cm)	Variables cost ($/ha)					Returns			
		Soil preparation	Seed	Sowing	Plant upkeep	Total	Grain yield (kg/ha)	Gross revenue ($/ha)	Net revenue ($/ha)	Benefit-cost ratio
					Control conditions					
Gorom local	Tillage	59.5	42.5	42.5	90	234.5	1400.72	938.48	703.98	3.00
	15	531.25	42.5	42.5	90	706.25	3998.87	2679.24	1972.99	2.79
	25	796.875	42.5	42.5	90	971.875	3334.90	2234.38	1262.51	1.29
	Average					637.54	2911.5	1950.7	1313.16	2.36
Moussa local	Tillage	59.5	42.5	42.5	90	234.5	1042.72	698.62	464.12	1.97
	15	531.25	42.5	42.5	90	706.25	1454.16	974.29	268.04	0.37
	25	796.875	42.5	42.5	90	971.875	1770.29	1186.09	214.22	0.22
	Average					637.54	1412.39	953	315.46	0.85
KVx396-4-5-2D	Tillage	59.5	42.5	42.5	90	234.5	2469.29	1654.42	1419.92	6.05
	15	531.25	42.5	42.5	90	706.25	3754.68	2515.64	1809.39	2.56
	25	796.875	42.5	42.5	90	971.875	2854.77	1912.69	940.82	0.97
	Average					637.54	3026.25	2027.58	1390.04	3.19
Tiligre	Tillage	59.5	42.5	42.5	90	234.5	1703.39	1141.27	906.77	3.86
	15	531.25	42.5	42.5	90	706.25	1229.75	823.93	117.68	0.16
	25	796.875	42.5	42.5	90	971.875	3010.52	2017.04	1045.17	1.07
	Average					637.54	1981.22	1327.41	689.87	1.70

3.3 Grain Yield, Profitability And Benefit-Cost Ratio Of The Use Of Zai Pits For Cowpea Varieties Production Under Seedling Stage And Flowering Stage Drought Stress Conditions

The cost and economics returns depending on the variety, the zai level under seedling and flowering stages drought stress conditions are shown in Table 3.

When drought was applied at seedling stage, for all the varieties, the highest gross revenue and net revenue were consistently recorded in 25 cm zai depth, while lower net revenue were exhibited in the control (tillage). Gorom local and KVx396-4-5-2D recorded higher benefit-cost ratio in the control (tillage), while lower benefit-cost ratio was recorded in 25 cm zai depth. Moussa local and Tiligre, in seedling-stage drought stress conditions recorded higher benefit-cost ratio in 25 cm and 15 cm zai depth respectively. However, for both varieties, the lowest lower benefit-cost ratio was recorded in the control (tillage).

When drought stress was imposed to plants at flowering stage, for 100% of the varieties, the highest grain yield and gross revenue were consistently recorded in 25 cm zai depth, the intermediate average values in 15 cm zai depth, while the lowest were registered in the control (tillage). The net revenue was higher in 25 cm zai depth than in the control and in 15 cm zai depth where negative net revenue (loss) was observed for 50% of the varieties. Similarly, to the unstressed conditions, the highest benefit-cost ratio was recorded in the control (tillage) for all the varieties and the lowest in 15 cm zai depth.

Table 3. Economic values of the use of zai for four cowpea varieties in seedling and flowering stage drought stress conditions averaged from two seasons

Variety	Zai depth (cm)	Variables cost ($/ha)					Returns			
		Soil preparation	Seed	Sowing	Plant upkeep	Total	Grain yield (kg/ha)	Gross revenue ($/ha)	Net revenue ($/ha)	Benefit-cost ratio
Drought stress at seedling stage										
Gorom local	Tillage	59.5	42.5	42.5	90	234.5	1158.54	776.22	541.72	2.31
	15	531.25	42.5	42.5	90	706.25	2697.43	1807.28	1101.03	1.55
	25	796.875	42.5	42.5	90	971.875	3131.62	2098.18	1126.31	1.15
	Average					637.54	2329.20	1560.56	923.02	1.67
Moussa local	Tillage	59.5	42.5	42.5	90	234.5	164.70	110.35	-124.14	-0.52
	15	531.25	42.5	42.5	90	706.25	1262.26	845.71	139.46	0.19
	25	796.875	42.5	42.5	90	971.875	1938.01	1298.46	326.59	0.33
	Average					637.54	1121.65	751.51	113.97	0.00
KVx396-4-5-2D	Tillage	59.5	42.5	42.5	90	234.5	1538.33	1030.68	796.18	3.39
	15	531.25	42.5	42.5	90	706.25	4466.34	2992.45	2286.2	3.23
	25	796.875	42.5	42.5	90	971.875	4813.70	3225.18	2253.31	2.31
	Average					637.54	3606.12	2416.10	1778.56	2.98
Tiligre	Tillage	59.5	42.5	42.5	90	234.5	227.08	152.148	-82.35	-0.35
	15	531.25	42.5	42.5	90	706.25	1833.25	1228.27	522.02	0.73
	25	796.875	42.5	42.5	90	971.875	2458.14	1646.95	675.08	0.69
	Average					637.54	1506.16	1009.12	1114.75	0.36
Drought at flowering stage										
Gorom local	Tillage	59.5	42.5	42.5	90	234.5	770.64	516.33	281.83	1.20
	15	531.25	42.5	42.5	90	706.25	1154.16	773.29	67.04	0.09
	25	796.875	42.5	42.5	90	971.875	2262.15	1515.64	543.76	0.56
	Average					637.54	1395.65	935.09	297.54	0.62
Moussa local	Tillage	59.5	42.5	42.5	90	234.5	419.64	281.16	46.66	0.20
	15	531.25	42.5	42.5	90	706.25	432.77	289.95	-416.29	-1.78
	25	796.875	42.5	42.5	90	971.875	1544.96	1035.12	63.25	0.07
	Average					637.54	799.12	535.41	-102.13	-0.50
KVx396-4-5-2D	Tillage	59.5	42.5	42.5	90	234.5	585.89	392.55	158.05	0.67
	15	531.25	42.5	42.5	90	706.25	1199.31	803.53	97.29	0.14
	25	796.875	42.5	42.5	90	971.875	2774.20	1858.71	886.83	0.91
	Average					637.54	1519.8	1018.26	380.72	0.57
Tiligre	Tillage	59.5	42.5	42.5	90	234.5	527.72	353.57	119.07	0.51
	15	531.25	42.5	42.5	90	706.25	858.18	574.98	-131.27	-0.19
	25	796.875	42.5	42.5	90	971.875	2068.06	1385.60	413.72	0.43
	Average					637.54	1151.32	771.38	133.84	0.25

4 DISCUSSION

The results of the cost and economic returns analysis of the zai pits use in cowpea cultivation under non-limiting water and drought stress conditions showed that zai of 25 cm depth registered the highest total variable cost, while the control (tillage) recorded the least. The high cost observed with the two zai modalities compared to the control, could be attributed to the quantity of labour force incurred in digging the pits. The deeper the zai pit, the longer the time required for its implementation and the higher the realization financial cost. This explains the highest total variable cost registered with 25 cm zai depth than that of 15 cm depth and the control (tillage), for which shorter time was needed for its establishment in a unit area. This increase of the economic cost with increasing zai depth corroborates with the findings of (13), who reported that zai pits implementation is labour intensive and time consuming compared to conventional tillage.

In the unstressed control, 50% of the varieties (Moussa local and Tiligre) recorded the highest grain yield and gross revenue in 25 cm zai depth and 50% (Gorom local and KVx396-4-5-2D) in 15 cm zai depth, while lower values were consistently registered in the control (tillage) for all the varieties. The results show that varieties were high grain yielding in zai pits and low yielding in the tilled soil. This suggests that the zai technology increases cowpea agronomical performances. The bowls formed by zai pits increased nutrients and water availability for plants for their optimum growth and productivity comparatively to the flat soil (tillage) in which, nutrients and water are more susceptible to transport outside plant rooting zone under erosion effects (14,15). The substantial increase of grain yield observed in zai pits comparatively to the control (tillage) is in line with (16), who reported that zai practice has the potential to increase cereals yields by a factor 10. Likewise, according to the (12), the application of zai technique can increase production by about 500% if well executed.

Fifty-percent (50%) (KVx396-4-5-2D and Gorom local) and 25% (Tiligre) of the varieties recorded higher net revenue in 15 and 25 cm zai depth respectively. Only Moussa local exhibited higher net revenue in the control (tillage). Lower net revenue was recorded for 50% of the varieties in the control and in 25 cm zai depth for the others. The low net revenue observed in 25 cm zai depth suggests that the cost of the zai realization negatively affected the net profit. The zai increases cowpea grain yield but can be less profitable due to the high pits implementation cost. In effect, for all the varieties, the highest benefit-cost ratio was recorded in the control (tillage) and the lowest in 25 cm zai depth, except for Tiligre, for which lower value was observed in 15 cm zai depth. This shows that in non-limiting water conditions, the use of zai pits increases cowpea grain yield but does not guarantee a high economic profit when the pits construction cost is taken into account. The high cost incurred in pits implementation reduced the profitability comparatively to the sowing in tilled soil.

When drought was imposed at seedling stage, 100% of the varieties exhibited higher gross revenue and net revenue in 25 cm zai depth and lower average values in the control (tillage). These results show that the varieties were high grain yielding in the zai pits (25 cm and 15 cm depth) than in the tilled soil (control). The ability of zai pits in gathering water and nutrients in the plant rooting zone enabled to reduce drought stress effects and increase plants productivity leading to consequent economic net revenue. Therefore, in seedling stage drought stress conditions, the zai pits is the most adapted agricultural practice for cowpea production for increasing substantially harvest yields compared to the tillage. However, in the seedling stage drought stress conditions, 50% of the varieties (Groom local and KVx396-4-5-2D), consistently exhibited higher benefit-cost ratio in the control zai (tillage), while 50% (Moussa local and Tiligre) had higher benefit-cost ratio in zai of 25 cm. These results suggest that zai pits increased the gross and net revenues but did not imply a guarantee in increase of benefit-cost ratio. This could be due to the high total variable cost incurred in zai construction. In addition the genetic status of the varieties (tolerance or sensitivity) to drought would have also played a major role. According to (5), Groom local is a drought-tolerant variety; KVx396-4-5-2D is drought-sensitive but nevertheless gives acceptable grain yields under drought stress. The tolerance status of these varieties could have allowed seedlings to withstanding to the negative effects of drought even in the flat soil (tillage), making the gap of yield between the zai pits and the control not enough significant. This could explain the highest benefit-cost ratio recorded in the control (tillage) for these varieties when drought was imposed at seedling stage. However, Moussa local and Tiligre are drought-sensitive. Thus, drought at early stage of development could have caused seedlings collapse more in the tilled soil (the control) than in the zai pockets, reducing plant density in field and impacting negatively the final yield and therefore the net revenue. This could explain the lowest benefit-cost ratio registered in the control (tillage) and the highest in zai pits. This ascertainment shows that in early stage drought stress conditions, the genetic status of the cowpea variety is determinant in the choice of the agricultural system of production when the purpose is of getting high economic returns. For drought-tolerant cowpea varieties, using ploughing would be the most economically suitable agricultural practice for production than using zai technology as it leads to high benefit-cost ratio. However, for drought-sensitive varieties, the use of zai pits technology (15 cm or 25 cm depth) is economically recommendable.

When drought was imposed to plants at flowering stage, 100% of the varieties recorded higher grain yield and gross revenue in 25 cm zai depth, the intermediate in 15 cm zai depth and the lowest in the control (tillage). The net revenues were higher in 25 cm zai depth, while lower values were recorded in 15 cm zai depth. The increase of grain yield with increasing zai depth and the low yields observed in the control (tilled soil) show that zai pits had positive impact on plants productivity, especially in drought stress effects mitigation. The deep of the pits could have allowed plants to escape or to better withstand to drought spell effects. The highest net revenue registered in 25 cm zai depth despite the high cost incurred during its realization suggests that this modality of zai was of great agronomic to plants and economically the most appropriate for cowpea production under drought stress conditions. The lowest net revenue observed with 15 cm zai depth shows that increase of grain in that modality of zai holes compared to the tillage and regarding the implementation cost tillage was not enough to generate better incomes than the control. However, similarly to the control conditions, the highest benefit-cost ratio was recorded in the control (tillage)

in flowering stage drought stress conditions. This testifies that either in non-limiting water conditions or in drought stress conditions, the tillage remains the most profitable considering the benefit-cost ratio generated.

However, the low profitability of the use of zai pockets observed in this study in control and in drought stress conditions could be attributed to the fact that pits were manually dug, which made the implementation time consuming and more expensive, reducing the net revenue. The mechanically realization of zai pits might be more profitable and is therefore to be explored. Constructing mechanically the zai holes could considerably reduce the required time and the labour force and consequently the cost compared to manual implementation of pits. This could contribute to simultaneously increasing the grain yield and the economic profit.

5 CONCLUSION

The zai pits use in cowpea production leads to substantial increases of cowpea grain yield and mitigates drought stress effects on plants productivity. The increase of yield does not guarantee a high economic profit when pits implementation cost is taken into account. Using tillage is economically recommendable for production of drought-tolerant cowpea varieties than the zai system as it leads to higher benefit-cost ratios. However, for drought-sensitive varieties, in seedling stage drought stress conditions, the use of zai pits leads to higher benefit-cost ratios. The mechanical construction of the zai pits is to be explored; it could reduce the cost of digging the pits and contribute to increasing the profitability of the use of zai technology and the benefit-cost ratio.

ACKNOWLEDGMENT

The authors are grateful to the Centre for Dry-lands Agriculture (CDA) for the financial support of the work and to the Institute of Environment and Agricultural Research (INERA) for having facilitated the conduction of the field experiments.

REFERENCES

[1] FAO. The future of food and agriculture. Rome; 2017.
[2] FAO. The State of Food and Agriculture. Social protection and agriculture: breaking the cycle of rural poverty. Rome; 2015.
[3] Langyintuo AS, Lowenberg-DeBoer J, Faye M, Lambert M, Ibro G, Moussa B, *et al*. Cowpea supply and demand in West and Central Africa. ELSEVIER Field Crops Res 82. 2003; 215–31.
[4] FAO. Country Fact Sheet on Food and Agriculture Policy Trends: Burkina Faso. 2014.
[5] Batieno TBJ. Breeding for drought tolerance in cowpea [*Vigna unguiculata* (l.) walp.] using marker assisted backcrossing. WEST AFRICA CENTRE FOR CROP IMPROVEMENT, SCHOOL OF AGRICULTURE, COLLEGE OF BASIC AND APPLIED SCIENCES, UNIVERSITY OF GHANA, LEGON; 2014. 153 p.
[6] Belko N, Zaman-Allah M, Diop N, Cisse N, et al. Restriction of transpiration rate under high vapour pressure deficit and non-limiting water conditions is important for terminal drought tolerance in cowpea. Plant Biol. 2012; 15: 304-316.
[7] Bado BV. Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéenne et soudanienne du Burkina Faso. Thèse présentée à la Faculté des études supérieures de l'Université Laval, Département des sols et de génie agroalimentaire; 2002. 184 p.
[8] Vanderborgh J. Concentration variance and spatial covariance in second-order stationary heterogeneous conductivity fields. WATER Resour Res. 2001; 37 (7).
[9] Ahmad RS, Ibrahim MM. Effect of Drought on the Yields of Different Cowpea Cultivars and Their Response to Time of Planting in Kano State, Nigeria. Int J Environ Bioenergy. 2013; 6 (3): 171–6.
[10] Toudou AK, Atta S, Inoussa MM, Hamidou F, Bakasso Y. Effect of water deficit at different stages of development on the yield components of cowpea (Vigna unguiculata L. Walp) genotypes. Afr J Biotechnol. 2018; 279–87.
[11] Danjuma MN, Mohammed S. Zai Pits System: A Catalyst for Restoration in the Drylands. IOSR J Agric Vet Sci. 2015; 8 (2): 01–4.
[12] World Bank. The World Bank annual report [Internet]. 2005. Available from: t www.worldbank.org.
[13] Muriu-Ng'ang'a FW, Mucheru-Muna, Waswa F, Mairura FS. Socio-economic factors influencing utilisation of rain water harvesting and saving technologies in Tharaka South, Eastern Kenya. Agric Water Manag Elsevier. 2017; 194 (C): 150–9.
[14] Kaboré, Daniel, Reij, Chris. The emergence and spreading of an improved traditional soil and water conservation practice in Burkina Faso. International Food Policy Research; 2004.
[15] Partey ST, Zougmore RB, Ouedraogo M, Campbell BM. Developing climate-smart agriculture to face climate variability in West Africa: Challenges and lessons learnt. ELsevier J Clean Prod. 2018; 187: 285e295.
[16] Malesu MM, Sang JK, Odhiambo OJ, Oduor AR, Nyabenge M. Rainwater Harvesting Innovations in Response to Water Scarcity. RELMA Tech Rep. 2006; 44–55.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 4 Jun. 2023, pp. 1747-1760
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Bouaké, ancienne « capitale de la rébellion armée », face au défi sécuritaire (Côte d'Ivoire)

[Bouaké, the former « capital of the armed rebellion », faced with the security challenge (Ivory Coast)]

YAPI Atsé Calvin[1], DOHO BI Tchan André[2], and BOHOUSSOU N'Guessan Séraphin[3]

[1]Maître-Assistant, Université Alassane OUATTARA, Côte d'Ivoire

[2]Maître de Conférences à l'Université Alassane OUATTARA, Côte d'Ivoire

[3]Maître de Conférences à l'Université Alassane OUATTARA, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 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 galloping urbanisation observed in developing countries is accompanied by numerous security challenges. Bouaké, the «capital of the rebellion» during the political-military crisis of 2002 to 2011, is increasingly faced with a rise in insecurity in all its forms. The objective of the study is to understand the reasons for the increase in insecurity in the city of Bouaké. Various techniques and methodological approaches were used to conduct the study. These were: documentary research, collection of statistical data, interviews with the heads of the security services and city managers, and a questionnaire survey addressed to households that experience these attacks on a daily basis. The results showed that insecurity is growing, as 35.17% of the heads of households interviewed had been victims or witnesses of aggression, compared to 64.83% who said they had never been victims or witnesses. Secondly, the rise in insecurity can be explained by poor security coverage, the deterioration of roads (47.13%) and unemployment. Finally, the strategies adopted to combat insecurity are ineffective. It is therefore urgent that the state sets up an anti-insecurity brigade in Bouaké, like the one that exists in Abidjan, whose results have so far been reassuring.

KEYWORDS: Bouaké, Côte d'Ivoire, armed rebellion, security challenge.

RESUME: L'urbanisation galopante observée dans les pays en développement est accompagnée par de nombreux défis sécuritaires. Bouaké, « la capitale de la rébellion », lors de la crise politico-militaire de 2002 à 2011 est de plus en plus confrontée à une montée de l'insécurité sous toutes ses formes. L'objectif de l'étude vise à comprendre les mobiles de la recrudescence de l'insécurité dans la ville de Bouaké. Pour conduire l'étude, diverses techniques et démarches méthodologiques ont été utilisées. Ce sont: la recherche documentaire, la collecte des données statistiques, les entretiens avec les responsables des services de sécurité ainsi que les gestionnaires de la ville et l'enquête par questionnaire adressée aux ménages qui vivent au quotidien ces agressions. Les résultats ont relevé que, l'insécurité est grandissante, car 35,17% des chefs de ménages interrogés ont été victimes ou témoins d'agression contre 64,83% ayant indiqué n'avoir jamais été victimes ou témoins. Ensuite, la montée de l'insécurité s'explique par la faible couverture sécuritaire, la dégradation des routes (47,13%) et le chômage. Enfin, les stratégies de lutte contre l'insécurité adoptées pour y faire face sont inefficaces. Il est donc urgent que l'État installe à Bouaké une brigade de lutte contre l'insécurité à l'instar de celle qui existe à Abidjan dont les résultats sont pour l'heure rassurants.

MOTS-CLEFS: Bouaké, Côte d'Ivoire, rébellion armée, défi sécuritaire.

Corresponding Author: YAPI Atsé Calvin

1 INTRODUCTION

La criminalité urbaine et la violence font partie des plus grands défis auxquels, les citoyens et les gouvernements des villes contemporaines sont confrontées (Centre International pour la Prévention de la Criminalité, 2019, p.3). Aucun pays n'est épargné par l'insécurité grandissante. Les pays de l'Afrique subsaharienne confrontés de plus en plus à l'instabilité socio-politique sont les plus touchés par la criminalité urbaine (Institut d'Etudes de Sécurité *et al.,* 2021, p. 16).

La Côte d'Ivoire située dans cette partie de l'Afrique et ayant connu une longue crise politico-militaire de 2002 à 2011 en est une illustration. L'extrême ouest du pays a connu une situation proche de l'anarchie où le pouvoir des armes l'emportait et l'État de droit s'est tout simplement désintégré dans un contexte croissant de violences politiques, liées au conflit et criminelles (Human Rigths Watch, 2010, p.3). Malgré la paix retrouvée à partir de l'année 2011, la situation sécuritaire demeure dans l'ensemble fragile, car l'indice de sécurité est passé successivement de 3,8 en 2012, 1,3 en fin 2014 pour atteindre 1,18 au début de janvier 2015 (Rapport ONUCI, 2015).

Bouaké, la deuxième importante ville de la Côte d'Ivoire en termes démographique vit la même réalité. Située à 350 km au nord d'Abidjan, la capitale économique, la ville de Bouaké connait une croissance démographique soutenue. Sa population est passée de 85 000 habitants en 1965 (INS, 1975) à 728 733 habitants en 2021 (INS, 2021). Lors de la crise politico-militaire de 2002 à 2011, Bouaké a été très affectée, puisqu'elle était la « capitale de la rébellion armée ».

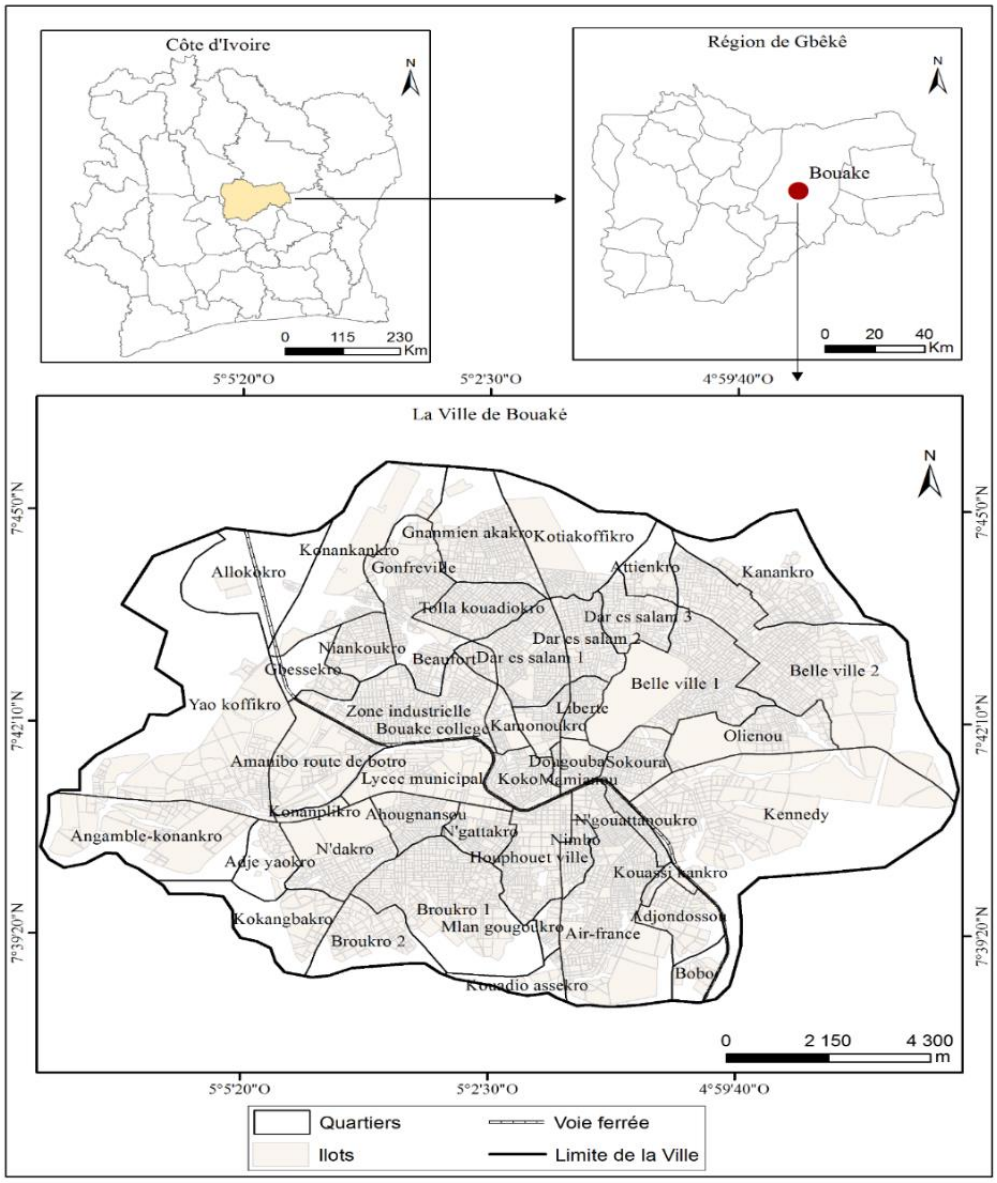
Cette ville est de plus en plus confrontée à une recrudescence de l'insécurité qui se manifeste sous diverses formes. Il s'agit entre autres: des vols à main armée de motos, de portables, des cambriolages de domiciles, les braquages, les agressions à l'arme blanche, des viols, etc. Aucun quartier de cette ville n'est épargné, car les malfaiteurs agissent de jour comme de nuit à visage découvert sans être inquiétés. Pourtant, pour maintenir un climat de sécurité dans le pays et à Bouaké, plusieurs actions ont été posées par les pouvoirs publics. D'abord, la Côte d'Ivoire s'est engagée à l'atteinte des Objectifs du Développement Durable (ODD) 2015-2030, qui consacrent une place importante à la sécurité à travers plusieurs objectifs et cibles. L'objectif 4 cible la réduction de toutes les formes de violence, qu'elles soient volontaires ou accidentelles. En outre, de façon singulière, depuis, la paix retrouvée et le retour de l'administration, la ville de Bouaké, dispose des casernes militaires, des commissariats de police, des brigades de gendarmerie, etc. En outre, l'éclairage public a été renforcé, des voies ont été bitumées pour faciliter l'intervention rapide des forces de l'ordre en cas d'agression et vol à main armée. Malgré, ces dispositifs sécuritaires, l'insécurité dans la ville de Bouaké persiste. Il ressort alors, le problème de l'insécurité grandissante dans la ville de Bouaké. Pourquoi, en dépit des efforts consentis par les pouvoirs publics, l'insécurité persiste-t-elle dans la ville de Bouaké ? L'objectif de l'étude vise à comprendre les mobiles de la recrudescence de l'insécurité dans la ville de Bouaké. Pour atteindre cet objectif, il s'avère nécessaire d'abord, de faire le diagnostic de la situation sécuritaire de la ville de Bouaké. Ensuite, déterminer les facteurs explicatifs de la recrudescence de l'insécurité dans la ville de Bouaké. Enfin, analyser les stratégies pour faire face à l'insécurité dans la ville de Bouaké.

2 MÉTHODOLOGIE

La méthodologie de l'étude est constituée d'une part, par la présentation de l'espace d'étude et des méthodes et d'autre part, par la technique de collecte et de traitement des données.

2.1 PRÉSENTATION DE L'ESPACE D'ÉTUDE

Bouaké est située au centre de la Côte d'Ivoire entre les méridiens 7° 69 de la latitude nord et 5° 03 de la longitude ouest. Desservie par les autoroutes, les nationales A3 et A8, elle est limitée au nord par la ville de Katiola, au sud par la ville de Tiébissou, à l'est par M'bahiakro et à l'ouest par la ville de Béoumi et Sakassou (carte 1).



Carte 1. Localisation de la ville de Bouaké dans la région de Gbêkê

Source: INS, 2021 Réalisation: DOHO BI Tchan, 2023

La ville de Bouaké se trouve au carrefour des grands axes routiers et ferroviaires, à la lisière de deux zones à économies complémentaires, le nord et le sud. Cette situation fait d'elle, un lieu d'échange et d'attractivité. La ville comprend 45 quartiers, avec une superficie de 7 178,8 ha, soit 71,788 km^2 (Mairie, 2022) pour une population de 728 733 habitants en 2021 (INS, 2021), soit une densité de 10 151 habitants/km^2.

2.2 MÉTHODE DE COLLECTE DES DONNÉES

La collecte des données s'est faite en deux étapes: la recherche documentaire et l'enquête de terrain.

Dans le cadre de la recherche documentaire, des ouvrages traitant de l'urbanisation en général et ceux se rapportant à l'insécurité ont été consultés. Il s'agit des ouvrages généraux, des rapports, des articles, des mémoires et des documents statistiques. Ces documents ont été obtenus à l'Institut National de la Statistique (INS), à la bibliothèque de l'Université Alassane Ouattara et par la consultation de sites internet comme Google.

Quant à l'enquête de terrain, elle s'est basée aussi bien sur une enquête qualitative (l'observation directe, les entretiens) que quantitative (le questionnaire adressé aux ménages). L'observation directe a consisté à parcourir les quartiers de la ville afin de repérer les zones où les risques de viols, d'agressions et de vols à main armée sont récurrents. Au cours de cette phase, les différentes infrastructures et équipements de sécurité de la ville ont été observées, inventoriés et des prises de vue ont été faites. Ainsi, l'observation a aidé à mieux connaître les difficultés auxquelles sont confrontées les populations, les forces de l'ordre et les diverses autorités pour faire face à l'insécurité dans la ville de Bouaké.

L'entretien a permis d'obtenir des informations sur la croissance urbaine et l'impact de l'insécurité grandissante. Ainsi, des entretiens ont été effectués auprès de plusieurs responsables. D'abord un entretien s'est fait auprès du chef du service technique de la mairie de Bouaké. Ceci a permis d'avoir les statistiques sur les victimes connus. Ensuite, d'autres entretiens se sont effectués auprès des autorités sécuritaires, notamment les commissaires de police, les commandants de brigade de gendarmerie qui ont permis d'avoir des données sur les infractions et connaître les quartiers à haut risque. Enfin, un entretien a eu lieu avec le chargé des Etudes du Ministère de la Construction, du Logement et de l'Urbanisme (MCLU) pour connaitre l'évolution spatiale de la ville et les problèmes qui en découlent. Pour terminer, une enquête par questionnaire adressée aux chefs de ménage a permis de connaitre leur sentiment sur la sécurité dans la ville et les types d'agression dont-ils sont victimes.

2.3 CONSTITUTION DE L'ÉCHANTILLONNAGE

La technique d'échantillonnage utilisée dans le cadre de cette étude est le choix raisonné par la méthode des quotas. Cette technique permet au chercheur de travailler sur une catégorie précise d'unité au sein d'une population mère qu'il considère comme la plus concernée par le phénomène social étudié.

✓ **Choix des quartiers**

L'étude concerne tous les quartiers de la ville de Bouaké. Cependant, vue l'étendue de l'espace d'étude, des quartiers ont été choisis. Le choix des quartiers à enquêter a été fait par la technique de choix raisonné. Il s'est fait en raison d'une logique reposant sur la subdivision de la ville en couronne. Dans cette étude, le sondage par couronne consiste à déterminer les échantillons de ménages à enquêter au niveau des quartiers centraux, péricentraux et périphériques. Cela nous a permis de choisir 9 quartiers à enquêter. Ces derniers sont répartis dans le tableau 1.

Tableau 1. Les quartiers investigués et leurs localisations

Couronnes	Quartiers	Localisation
Couronne centrale	Koko	Centre
Couronne péricentrale	Ahougnanssou	Sud-ouest
	Dar-Es-Salam 2	Nord
	Houphouët-ville	Sud
	Air-France	Sud
Couronne périphérique	Zone	Ouest
	Belleville	Nord-Est
	Kennedy	Est
	Broukro	Sud-Ouest
Total	***09***	-

Source: Nos enquêtes personnelles, 2021

✓ Choix des ménages

Au niveau des ménages, un échantillon représentatif a été déterminé sur la base des informations fournies par l'INS, 2014. Ainsi, à partir de la formule ci-dessous nous avons définis la taille de l'échantillon.

$$n=\frac{Z^2(PQ)N}{[e^2(N-1)+Z^2(PQ)]}$$

Avec:

n = la taille de notre échantillon, acceptable et adaptable aux besoins de l'étude;

N= Taille de la population mère (Nombre total de ménages dans les quartiers 9 quartiers choisis);

Z= Coefficient de marge (marge à partir du seuil de confiance: 1,96);

e= Marge d'erreur (0,05);

P= Proportion de ménages supposés avoir les caractères recherchés. Cette proportion variant entre 0,0 et 1 est une probabilité d'occurrence d'un évènement. Dans le cas où l'on ne disposera d'aucune valeur de cette proportion, celle-ci sera fixée à 50% (0,5);

Q= 1-P. Avant l'application de la formule, nous présumons que si P= 0,50 donc Q= 0,50. A un niveau de confiance de 95%, Z= 1,96 et la marge d'erreur est e = 0,05.

$$n = \frac{1{,}96^2 (0{,}5 \times 0{,}5) 49\,862}{[0{,}05^2 (49\,862\text{-}1) + 1{,}96^2 (0{,}5 \times 0{,}5)]} = 381 \text{ ménages.}$$

Ainsi, nous pourrons déterminer la proportion de ménages en divisant la taille de l'échantillon (n) par le nombre total de ménages (N). La formule est donc:

$$P = \frac{n}{N} = \frac{381}{49\,862} = 0{,}0076 \text{ soit une proportion de } 0{,}76\%.$$

La formule pour déterminer les échantillons de ménages à enquêter par quartier est:

Nombre de ménage à enquêter par quartier = nombre de ménages par quartier × nombre total des ménages de l'ensemble des quartiers.

Application numérique de la formule:

Exemple du quartier (Koko et Zone)

- ✓ Quartier Koko

7 010 × 381 / 49 862 = 53 Ménages

- ✓ Quartier Zone

10 039 x 381 / 49 862 = 77 Ménages

Après avoir calculé les échantillons de ménages à enquêter par quartier, ceux-ci ont été répartis dans le tableau 2.

Tableau 2. Répartition des ménages enquêtés

N°	Quartiers	Effectif des ménages	Proportion de ménages (%)	Nombre de chefs de ménages enquêtés
1	Ahougnanssou	2 859	0,76%	22
2	Belle ville 1	7 945	0,76%	61
3	Broukro 1	6 579	0,76%	50
4	Dar es salam 2	5 201	0,76%	40
5	Houphouët-ville	954	0,76%	7
6	Air-France 1,2 et 3	8 384	0,76%	64
7	Kennedy	891	0,76%	7
8	Koko	7 010	0,76%	53
9	Zone	10 039	0,76%	77
Total	**09**	**49 862**	**0,76%**	**381**

Source: INS, 2014

Les données collectées lors de la recherche documentaire et des enquêtés de terrains ont été traitées et les résultats analysés.

2.4 Méthode De Traitement Et D'analyse Des Données

Le traitement statistique concerne les informations quantitative et qualitative recueillies au cours de notre recherche. Les données quantitatives obtenues ont été traitées à partir des logiciels comme, Word, Microsoft Excel et SPSS. Le logiciel Word a permis la saisie des données qualitatives comme quantitatives. Alors que, Microsoft Excel et SPSS ont servi au traitement des données permettant d'obtenir les différentes figures et certains tableaux utilisés dans ce travail ainsi que les analyses statistiques. Le géo-référencement et la numérisation de la carte de présentation ont été réalisés grâce au logiciel Qgis 3.12 et Adobe Illustrator 9.c.

3 Resultats

3.1 Diagnostic De La Situation Sécuritaire Dans La Ville De Bouaké

3.1.1 Insécurité De Plus En Plus Grandissante Dans La Ville De Bouaké

La ville de Bouaké fait face une montée de l'insécurité depuis la crise politico-militaire de 2002 2011. Cette crise a engendré une longue série d'actes de banditisme, d'agressions, de vols, de cambriolages qui perdurent aujourd'hui, comme l'atteste le tableau 3 suivant.

Tableau 3. Évolution des infractions liées à l'insécurité à Bouaké de 2020 à 2021

Infractions	Années				Total	%
	2020	(%)	2021	(%)		
Infractions sexuelles (viol)	15	0,91	13	0,78	28	0,87
Escroquerie (faux et usage de faux)	311	19,82	328	19,71	639	19,76
Coups et blessures volontaires et voie de fait	259	16,51	232	13,94	491	15,19
Abus de confiances	120	7,65	194	11,65	314	9,71
Homicides	2	0,13	1	0,06	3	0,09
Vols toutes catégories	619	39,45	571	34,31	1190	36,81
Autres	243	15,49	325	19,53	568	17,57
TOTAL	***1 569***	***100***	***1 664***	***100***	***3 233***	***100***

Source: Gendarmerie nationale et Police nationale de Bouaké, 2022

L'analyse du tableau 3 montre que l'insécurité à Bouaké n'est pas encore maîtrisée. Selon les données collectées à partir des registres de la police et de la gendarmerie de Bouaké, de 2020 à 2021, 3 233 infractions ont été enregistrées. Le nombre d'infraction est en hausse, car il est passé de 1 569 en 2020, soit 48,53% de l'ensemble des infractions sur les deux années à 1 664 infractions, soit 51,47% en 2021 correspondant à une hausse de 2,94%. Parmi toutes les infractions liées à l'insécurité, celles relatives aux vols de toutes catégories sont les plus importantes avec une proportion de 36, 81% sur les deux années.

3.1.2 Perception Des Ménages Sur La Sécurité Différente Selon Les Quartiers

Sur la question de la perception des ménages sur la situation sécuritaire dans la ville de Bouaké, trois principaux avis se dégagent avec un point d'honneur à l'avis relatif à la hausse de la criminalité. Les différentes perceptions des chefs de ménage s'observent sur la (figure 1).

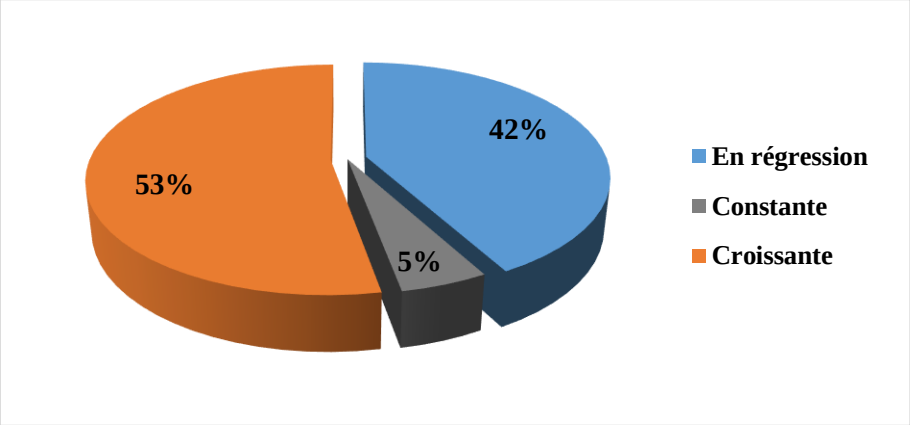


Fig. 1. Répartition des chefs de ménage sur leurs perceptions de l'insécurité

Source: Nos enquêtes personnelles, 2022

La figure 1 montre les différentes perceptions des chefs de ménage sur l'évolution de l'insécurité dans la ville de Bouaké. Sur un total de 381 interrogés, 202, soit 53% des chefs de ménage interrogés trouvent que l'insécurité continue de croître. Alors que, 19 chefs de ménage, soit 5% pensent qu'elle est constante, contre 160 d'entre eux, soit 42% qui trouvent que ce phénomène est en régression. Toutefois, l'ampleur de l'insécurité dans la ville varie selon les quartiers en s'appuyant sur les chiffres relatifs aux personnes victimes ou non d'agression (figure 2).

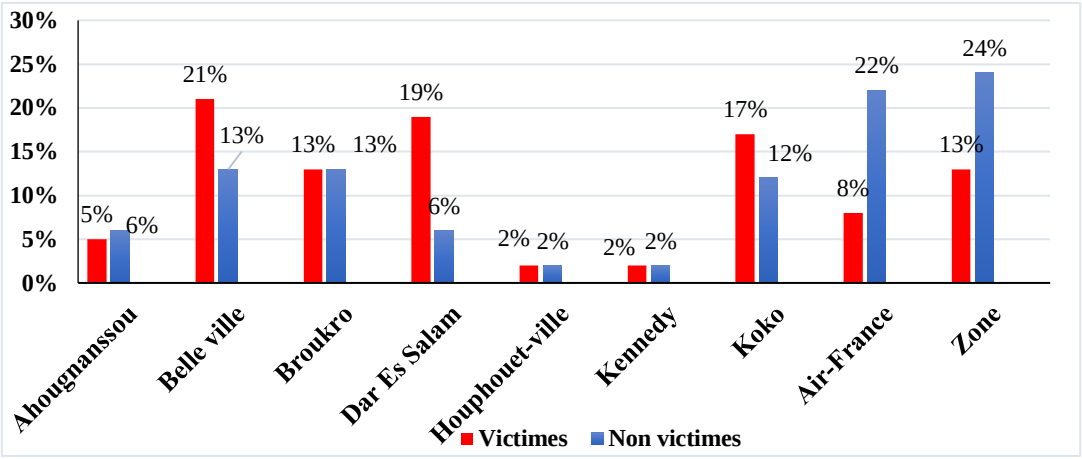


Fig. 2. Répartition des personnes victimes ou non d'agression par quartier enquêté

Source: Nos enquêtes personnelles, 2021

La figure 2 montre que le taux le plus élevé des personnes agressées s'observe dans les quartiers populaires de Belleville (21%), Dar Es Salam (17%) et Koko (17%) des cas contre 2% pour les quartiers résidentiels tels que Kennedy et Houphouët-ville. Les femmes sont les plus touchées par ce phénomène, car sur un total de 134 personnes agressées, les femmes sont au nombre de 93, soit 69,40 % des personnes agressées contre 41 hommes représentant 30,6% des agressées.

3.2 Recrudescence De L'insécurité À Bouaké Liée À De Multiples Facteurs

3.2.1 Faiblesse De La Couverture Sécuritaire, Responsable De L'insécurité

La situation de la couverture sécuritaire par les forces de l'ordre à Bouaké est appréciée à travers la distribution des équipements sécuritaires publics au sein des quartiers, l'effectif des agents des forces de l'ordre ainsi que l'effectif des véhicules d'intervention. Le tableau 4 suivant présente les services de sécurité publics existant dans la ville.

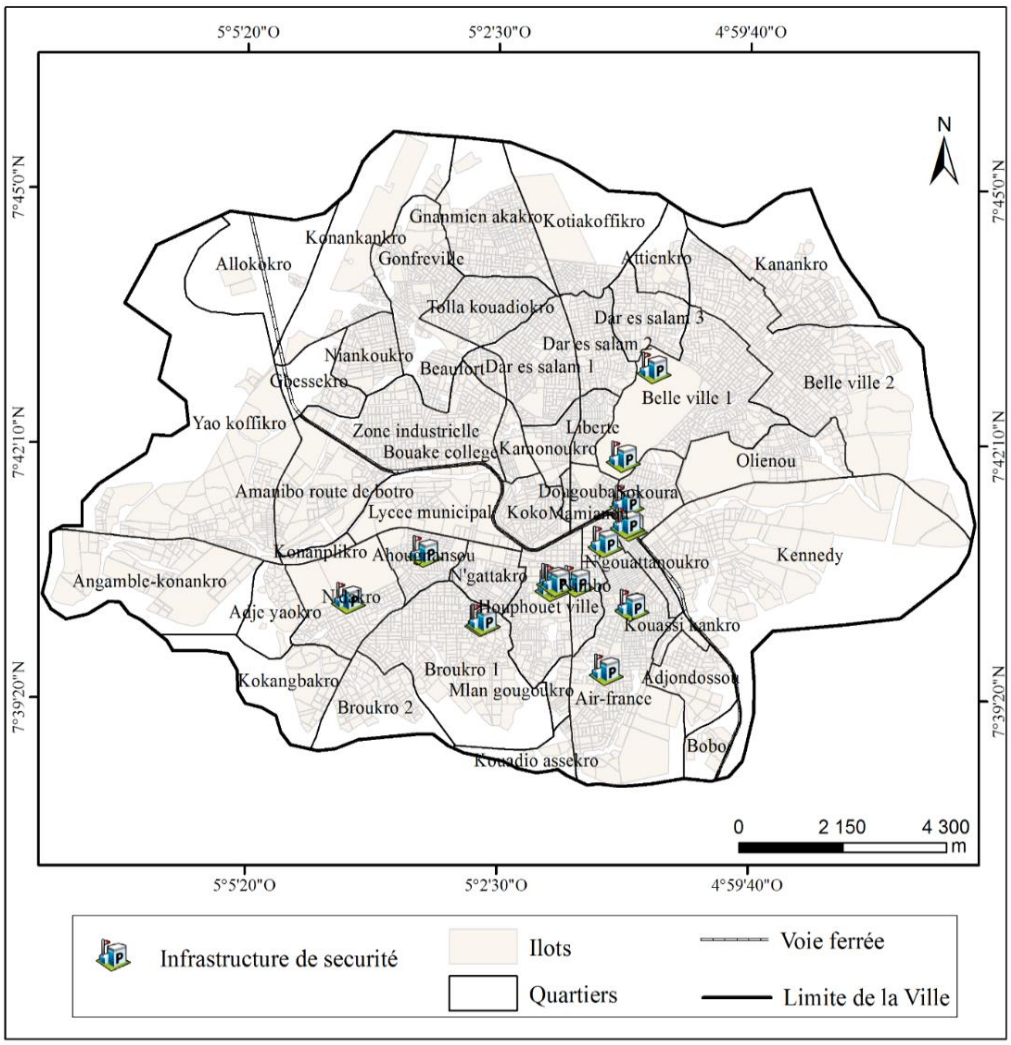
Tableau 4. Les services de sécurité de la ville de Bouaké

Typologie de service de sécurité	Equipement de sécurité	Effectifs Policiers	Nombre de véhicules d'intervention
Police	1er arrondissement (Sokoura)	44	2
	2e arrondissement (N'gattakro)	44	2
	3e arrondissement (Dares-Es-Salam 1)	44	2
	4e arrondissement (Air-France 2)	40	2
	5e arrondissement (Ahougnanssou)	40	1
	6e arrondissement (Broukro 1)	40	1
	Préfecture de police (gare routière)	127	-
	District de police (Nimbo)	115	-
	Sous-Total -	***367***	***10***
Gendarmerie	Gendarmerie ville (Nimbo)	912	-
TOTAL		**1 279**	-

Source: Enquête personnelle, 2022

L'analyse du tableau 4 indique que la ville de Bouaké compte des services de police et de gendarmerie. Au niveau des services de la police, la ville compte six commissariats d'arrondissement, une préfecture de police et un district de police. Ils servent à assurer la sécurité des habitants de ses 45 quartiers. Pour cela, elle mène des actions sur le terrain. Ces actions sont à titre préventif (patrouilles) ou répressif (interventions). Elle permet ainsi de lutter contre les violences urbaines, et la délinquance. En Côte-d'Ivoire, le ratio policier/population est de 1 policier pour 560 habitants tandis que la norme internationale est de 1 policier pour 400 habitants (Conseil de ministre, novembre 2022). Ce ratio est loin d'être atteint à Bouaké, car le nombre total de policier est de 357 pour 728 733 habitants (INS, 2021). On a donc 1 policier pour 2 041 habitants. Cela témoigne du taux très faible des Forces de l'ordre et de sécurité par habitant dans ces arrondissements.

La gendarmerie quant à elle, a un effectif de 912 gendarmes pour 728 733 habitants (INS, 2021), soit un ratio de 1 gendarme pour 799 habitants, nettement en dessous du ratio national qui est de 1 gendarme pour 1 959 habitants. L'ensemble des deux services de sécurité permet d'obtenir un ratio de 1 agent des forces pour 570 habitants qui est acceptable. Mais, la répartition de ces équipements et des agents constitue le nœud du problème (carte 2).



Carte 2. Répartition spatiale des équipements sécuritaires de Bouaké

Source: INS, 2021 Réalisation: DOHO BI Tchan, 2023

Au regard de la figure 3, on constate que les équipements de sécurité sont inégalement répartis sur l'espace urbain de Bouaké. La majorité de celles-ci se retrouve au centre-ville. La couronne péri-centrique, quant à elle bénéficie légèrement de ces structures tandis que, la périphérie est totalement dépourvue. Outre, l'inégale répartition, les équipements de sécurité, le personnel et le matériel roulant pour les interventions sont insuffisants.

3.2.2 DÉGRADATION DES ROUTES, LE FAIBLE ÉCLAIRAGE DES QUARTIERS ET LE CHÔMAGE À L'ORIGINE DE L'INSÉCURITÉ

La voirie de Bouaké s'organise autour d'un réseau primaire qui traverse la ville en largeur et en longueur, d'un réseau secondaire constitué d'axes principaux de quartiers et d'un réseau tertiaire dense comprenant des voies non revêtues et revêtues (figure 3).

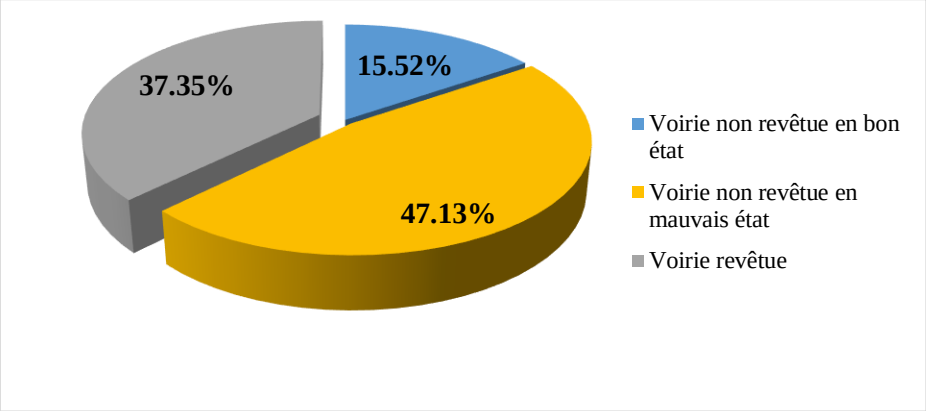


Fig. 3. Répartition de a voirie urbaine de Bouaké selon leur état

Sources: AGEROUTE, 2014 et nos enquêtes, 2022

La figure 3 fait ressortir la répartition du réseau de la voirie urbaine selon leur état. En effet, le linéaire du réseau de la voirie urbaine fait 870 km (AGEROUTE, 2022). Sur cet ensemble, la voirie non revêtue, mais en bon état dispose d'un linéaire de réseau de 135 km, soit 15,52% de l'ensemble de la voirie de la ville. Pendant que, la voirie non revêtue en mauvais état fait 410 km, soit 47,13% de l'ensemble de la voirie. Quant à la voirie revêtue, elle dispose d'un linéaire de 325 km, soit 37,35% de l'ensemble des voies. Les quartiers résidentiels de Kennedy, Air France et Houphouët ville sont les mieux lotis, car disposant à eux seuls, 33,18% de l'ensemble du réseau de voirie urbaine revêtue (AGEROUTE, 2014, p.39). La bonne qualité de la voirie dans ces quartiers l'intervention de la police, ce qui pourrait en partie, expliquer la faiblesse des agressions observée. Dans les autres quartiers enquêtés, les rues sont pour la plupart, non revêtues et fortement dégradées par l'érosion (photo 1).

Photo 1. Une voie impraticable au quartier Ahougnanssou.

Prise de vue, Yapi Atsé Calvin, Avril 2022

La photo 1 montre l'état de dégradation de la voirie rendant, certains quartiers enclavés et inaccessibles. Les populations sont donc, contraintes de se tourner vers les motos taxis et tricycles (type de transport économique, mais moins sécurisant, développé à la faveur de la crise militaro politique) pour le transport des personnes et des biens. En outre, cette situation rend les quartiers inaccessibles et fragilise les opérations et les actions des forces de l'ordre, dans leur politique de lutte contre l'insécurité. D'où les taux élevés des personnes victimes d'agression recensées ci haut dans ces quartiers.

En outre, le mauvais éclairage des quartiers est aussi une source d'insécurité. En effet, les infrastructures de production, transport et distribution sont fortement dégradées et ont besoin d'être réhabilitées pour assurer une bonne qualité de service.

Aussi, une frange importante de la population n'a-t-elle pas accès à l'électricité à cause de son coût élevé et de l'insuffisance de la politique nationale d'accès à l'électricité. Dans les quartiers péricentraux et périphériques, plusieurs secteurs ne disposent pas de poteaux électriques. Lorsqu'ils existent, ils sont sans lampes ou en panne. Tout ceci concourt à plonger le quartier dans le noir (photo 2).

Photo 2. Broukro, un quartier mal éclairé

Prise de vue DOHO BI Tchan A., 2022

Plusieurs quartiers dont Broukro ne bénéficient pas d'éclairage public comme on l'aperçoit sur la photo 2. La plupart des ruelles sont mal éclairées et constituent des zones d'agression. Les délinquants profitent de ces endroits qui manquent d'éclairage pour dépouiller les passants. Aussi, les bas-fonds et les chemins de fer, pas éclairés sont-ils des zones dangereuses, car propices aux agressions. Par ailleurs, la présence de nombreuses friches et des maisons abandonnées, suite à la crise politico-militaire de 2002 à 2011 constituent des repères pour les agresseurs.

Enfin, la Pauvreté et chômage constituent favorisent l'insécurité urbaine. Certains chefs de ménage enquêtés sont sans revenu parce qu'ils n'ont pas d'activités. Ceux qui ont la chance d'en exercer ont des revenus inférieurs au Salaire Minimum Interprofessionnel Garanti (SMIG) qui est passé de 60 000 FCFA à 75 000 FCFA à compter du 1er Janvier 2023 (décret n°2022 du 21 décembre 2022 portant revalorisation du SMIG). En effet, Bouaké était un véritable centre urbain économique avant la crise militaro-politique de 2002. La décennie de crise a engendré la fermeture de nombreuses usines telles que Gonfreville et Mercedes. Toutefois, malgré un retour à la normale, ces usines n'ont pas totalement effectué la réouverture. Ainsi, Gonfreville qui employait 800 salariés avant n'a pu employer que 200 après la crise. Tout ceci à favoriser l'accroissement du chômage accompagné de la pauvreté.

3.3 Stratégies De Lutte Contre L'insécurité À Bouaké Insuffisantes Et Inopérantes

3.3.1 Stratégies De La Mairie Et L'Etat Peu Efficaces

Les stratégies de la Mairie sont tournées vers la sensibilisation des jeunes, l'appui aux personnes vulnérables, la construction des équipements de sécurité et l'amélioration des infrastructures routières.

En ce qui concerne, le volet sensibilisation, la Mairie depuis 2014 organise des activités dont certaines ont pour thème « la cohésion sociale et le civisme » et d'autres, « jeunesse et civisme ». Ces activités visent à développer chez la jeunesse un comportement civique. La Mairie mène également des actions d'appui aux personnes vulnérables (jeunes, femmes et enfants). En effet, un budget est alloué à la promotion de la jeunesse. Le montant de ce budget s'élève à deux (2) millions FCFA pour la jeunesse communale, 500 000 à 1 million FCFA pour les structures de jeunes et 2 millions aux associations de femmes de la ville de Bouaké. Tout ceci vise à soutenir les jeunes et les femmes afin de les aider à mener des activités. Par ailleurs, depuis, mars 2017, la mairie a construit la maison des jeunes de Bouaké dont le but est de veiller à l'insertion des jeunes au tissu socio professionnel. Aussi, des prises en charge scolaires sont-elles accordées aux élèves. Elles visent à soutenir financièrement la

scolarité des enfants issus d'une famille moins nantie afin qu'ils ne se retrouvent pas dans la rue. Toutes ces actions répondent à un objectif, celui d'occuper sainement cette population vulnérable. En matière d'équipement de sécurité, la Mairie la base a construit deux commissariats, l'un situé à Broukro et l'autre en cours d'achèvement dans le quartier Zone industrielle. Quant à l'Etat, suite à la visite présidentielle tenue du 25 au 29 novembre 2013 dans la région du Gbêkê, des opérations de bitumage et de reprofilage de la voirie ont été effectuées dans la ville afin de lutter contre l'enclavement de certains quartiers qui sont difficile d'accès. Ainsi, des 30 km de bitume dont a bénéficié la ville de Bouaké, une dizaine km a permis de réhabiliter les voies dégradées avec des nids de poule. Les quartiers Commerce, Nimbo, Air France ont été les principaux bénéficiaires. De plus une opération d'électrification publique de la ville a été également menée. Ainsi en 2013, ce sont en tout 30 voies larges à grandes circulation qui ont été électrifiée. On a par exemple le tronçon feu EECI-feu Ahougnanssou. Toutes ces actions visent à améliorer le cadre de vie de la population et à faciliter l'intervention des forces de sécurité dans les différents quartiers.

3.3.2 Modestes Contributions Des Populations En Matière De Sécurité

Concernant les actions de la population, ce sont les associations de quartiers, les comités de gestion des quartiers et les groupes de jeunes qui se sont investis et qui apportent leur modeste contribution à la protection de leurs différents quartiers. En effet, cette contribution se situe à travers des surveillances de nuit et surtout, l'auto surveillance. Aussi, mettent-ils souvent en place des cotisations pour prendre des gardiens de quartiers.

4 Discussion

4.1 Insécurité De Plus En Plus Grandissante Dans La Ville De Bouaké

L'étude a montré que la ville de Bouaké fait face à une insécurité de plus en plus grandissante. En effet, de manière récurrente, l'on assiste à une série d'actes de banditisme, d'agressions, de vols, de cambriolages, etc. Le nombre d'infraction est en hausse, car elles sont passées de 1 569 en 2020, à 1 664 infractions en 2021 correspondant à une hausse de 2,94%. Ces chiffres confortent la perception des chefs de ménage qui estiment que la criminalité est en nette croissance à Bouaké. Enfin, les zones criminogènes sont plus dans les quartiers populaires.

Les résultats de l'étude ne se démarquent pas de ceux obtenus par N.A.B. GNAMMON-ADIKO (2018, p.144) qui dans son étude relative aux réflexions sur les enjeux de la sécurité urbaine en Côte d'Ivoire a relevé l'accroissement de la délinquance, de la criminalité et des violences dans la vie quotidienne des citoyens de tous les pays. Les vols à main armée, les cambriolages, les viols et l'abus de la drogue sont devenus des fléaux sociaux majeurs qui ne cessent de s'accroître au fil des ans (A. DJEGUEMA, 2006, p.8). Toutefois, les résultats de X. RAUFER (2010, p.22) s'opposent aux nôtres lorsqu'il a indiqué qu' aux USA, en 2009, au niveau national, la criminalité a baissé pour la 3e année consécutive de - 5,5 % pour les crimes violents, - 4,9 % pour les atteintes aux biens, 8,1 %, pour les vols à main et de 7,2 %, les vols avec violence contre 4,2 % pour les viols de 3,1 %. Cependant, les résultats de l'étude confirment également celui de l'INSEE cité par (X. RAUFER, 2010, p.24) indiquant que dans une étude menée aux USA en 2006, a relevé que les habitants des quartiers modestes exprimaient un sentiment d'insécurité à 35 % contre 14 % pour les habitants des quartiers aisés.

4.2 Recrudescence De L'insécurité À Bouaké Liée À De Multiples Facteurs

L'étude a relevé aussi que l'insécurité grandissante observée dans la ville de Bouaké est liée à la faible couverture sécuritaire, à la dégradation de la voirie empêchant une intervention rapide des forces de sécurité et à la faiblesse de l'éclairage public. Par ailleurs, elle a également relevé que la pauvreté, le chômage, la présence des d'importantes friches et des maisons abandonnées après la crise politico-militaire de 2002-2011 expliqueraient la montée de la criminalité à Bouaké.

Les résultats obtenus confirment celui de N.A.B. GNAMMON-ADIKO (2018, p.142) indiquant que comme dans les pays ayant été le théâtre de conflits, il y est reconnu une explosion de l'insécurité, mais surtout le développement de la criminalité violente, du fait de la circulation des armes légères et de petit calibre. Les résultats sont également en phase avec ceux de K. OPADOU (2009, p.65) observant dans son étude que l'insécurité est plus importante aux endroits surpeuplés, peu éclairés et à des heures spécifiques, soit tôt le matin, soit tard dans la nuit. À cela s'ajoute, la persistance de la crise économique qui pourrait accentuer la situation du chômage créant ainsi, les conditions de la multiplication des délits et autres actes de délinquance (A. DJEGUEMA, 2006, p.8). Toutefois, ce dernier point est battu en brèche par X. RAUFER (2010, p.25) qui soutient que la pauvreté n'impacte pas la criminalité en citant M. CUSSON qui soutenu qu':

« Au cours de la vie, les vols en tous genres apparaissent bien avant l'âge où l'on peut commencer à se dire chômeur. Les trajectoires délinquantes commencent à l'adolescence, souvent même au cours de l'enfance. Elles précèdent, de loin, l'âge de

l'entrée sur le marché de l'emploi (...). S'il est vrai qu'une cause ne peut suivre l'effet qu'elle est censée produire, soutenir que le chômage cause la délinquance est logiquement intenable ».

Le Centre International pour la Prévention de la Criminalité (2019, p.5) est du même avis, mais va plus loin en indiquant que les principaux facteurs contribuant à la criminalité urbaine trouvent plutôt leur origine dans les inégalités urbaines créées, renforcées et maintenues par une mauvaise combinaison de la planification et de l'aménagement urbains, ainsi qu'une mauvaise gouvernance. Cette position est partagée par N.A.B. GNAMMON-ADIKO (2018 p.145) qui a ajouté que la délinquance et la criminalité urbaine sont l'un des effets néfastes de la dynamique socio-spatiale de l'urbanisation observable dans les villes. Cependant, pour H. M. KOKOU (2004, p. 206), malgré les présomptions, il est impossible d'affirmer avec force que l'augmentation de la criminalité dans la communauté urbaine de Niamey est la résultante de la croissance rapide de la ville.

4.3 DES STRATÉGIES DE LUTTE INSUFFISANTES ET INOPÉRANTES À BOUAKÉ

Les stratégies de la Mairie et de l'Etat sont tournées vers la sensibilisation des jeunes, l'appui aux personnes vulnérables, la construction des équipements de sécurité et l'amélioration des infrastructures routières. Pendant que les populations elles-mêmes tentent de s'organiser à travers, l'auto surveillance et l'auto-défense dans les quartiers. Cependant, toutes ces stratégies s'avèrent insuffisantes.

Les résultats de l'étude sont conformes avec ceux obtenus par H. M. KOKOU (2004, pp.206-207) soutenant qu' Niamey, les moyens dérisoires dont dispose la police et l'extension spatiale de la ville ont engendré à tort ou à raison des réflexes sécuritaires chez les habitants au travers, la transformation la leur habitation en bunker, l'adoption de cadres de portes et fenêtres et de verrous appropriés, le rehaussement des murs de clôtures surmontées de pointes ou de tessons de bouteilles ou même la plantation des bougainvilliers tout le long de la clôture. Il est rejoint par A. DJEGUEMA (2006, p.9) qui soutient que:

« Le système de sécurité mis en place au sein de l'agglomération Abidjanaise s'avère insuffisant et parfois, inopérant face à des phénomènes multiformes, car les quartiers résidentiels de Cocody, perçus jusqu'alors comme étant des « zones sécurisées", sont devenus des foyers d'insécurité où des malfrats de tout acabit opèrent de jour comme de nuit. En même temps, les zones traditionnellement criminogènes comme les communes d'Adjamé, d'Abobo ou de Koumassi ont conservé malheureusement cette triste célébrité ».

C'est pourquoi, selon X. RAUFER (2010, p.26), il ne suffit pas de donner les meilleures opportunités à des délinquants chroniques pour qu'ils renoncent définitivement à leur mode de vie risqué, car une étude du programme américain de protection des témoins (*witness protection program*) a montré que, parmi ceux qui en ont bénéficié, avec à la clé de fortes ressources financières et une nouvelle vie, 21% ont été arrêtés par la police moins de deux ans après.

5 CONCLUSION

Au terme de l'étude, il ressort que l'insécurité connait une recrudescence dans la ville de Bouaké. L'insuffisance des équipements de sécurité dans la ville, les routes dégradées, l'éclairage public insuffisant et le chômage, expliquent la montée de l'insécurité à Bouaké. Les stratégies adoptées pour freiner ce phénomène montrent leurs limites, car la criminalité est plus que jamais en nette progression. Il est alors temps, que les autorités prennent le problème de l'insécurité à bras le corps pour ramener la quiétude au sein de la population dans toutes les villes ivoiriennes.

REFERENCES

[1] CENTRE INTERNATIONAL POUR LA PREVENTION DE LA CRIMINALITE, 2019, *Prévention de la criminalité et sécurité quotidienne: les villes et le nouvel agenda urbain,* résumé analytique, 5e rapport international, Montréal (Québec), 12 p.

[2] DJEGUEMA Adebayo, 2006, Crises et recompositions dans les modes d'habiter et les pratiques sociales à Abidjan, 42nd ISoCaRP Congress, Abidjan, 19p.

[3] GNAMMON-ADIKO Nambou Agnès Bénédicta, 2018, « Réflexions sur les enjeux de la sécurité urbaine en Côte d'Ivoire«, In *Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement* (GEOTROPE), n°2, EDUCI, Abidjan, pp. 139-151.

[4] HUMAN RIGTHS WATCH, 2010, Terrorisés et abandonnés l'anarchie, le viol et l'impunité dans l'ouest de la Côte d'Ivoire, USA, 84p.

[5] INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE, 2014, *Résultats globaux,* Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH, 2014), 26p.

[6] INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE, 2021, *Résultats globaux Définitifs,* Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH, 2021), 24p.

[7] INSTITUT D'ETUDES DE SECURITE, INTERPOL ET GLOBAL INITIATIVE AGAINST TRANSNATIONAL ORGANIZED CRIME, 2021, Indice du crime organisé en Afrique 2021 Évolution de la criminalité dans le contexte de la COVID-19 Une analyse comparative de la criminalité organisée en Afrique, 2019–2021, 157p.

[8] KOKOU Henri Motcho, 2004, « Croissance urbaine et insecurite dans la ville de Niamey », In *Geographica Helvetica, Allemagne, pp. 199-207.*

[9] M'BRA Benien Fabrice., 2018, *La situation sécuritaire dans la ville de Bouaké au lendemain de la crise postélectorale,* mémoire maitrise, université Alassane Ouattara, Bouaké, 122p.

[10] OPADOU Koudou 2009, « Insécurité urbaine, analyse criminologique et prévention situationnelle intégrée«, In *Rivista di Criminologia, Vittimologia e Sicurezza,* Vol. III - N. 2 - Maggio-Agosto 2, Bologna-Italia, pp. 64-79.

[11] RAUFER Xavier, 2010, Les malfaiteurs sont-ils des victimes de la société ? Crime, professions de justice et «culture de l'excuse», Institut pour la justice, Citoyens pour l'équité, Tribune Libre, n°1, France, 29p.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 4 Jun. 2023, pp. 1761-1773
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Diversité génétique des accessions de poivron (*Capsicum annuum* L.) de la région de Diffa (Niger) évaluée à l'aide de la capacité germinative des semences

[Genetic diversity of sweet papper (*Capsicum annuum* L.) accessions from region of Diffa (Niger) assessed using seeds germination capacity]

Saley MOUSSA DIAGARA[1], Agali ALHASSANE[2], Boukar Kéllou KAKA KIARI[3], and Amadou HAROUNA ISSA[1]

[1]Laboratoire de Gestion et Valorisation de la Biodiversité au Sahel, Département de Biologie, Faculté des Sciences et Techniques, Université Abdou Moumouni, BP: 10662 Niamey, Niger

[2]Département Information et Recherche, Centre Régional AGRHYMET, BP: 11011, Niamey, Niger

[3]Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Diffa, BP: 78, Diffa, Niger

Copyright © 2023 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 seed germination test is generally used to assess the seeds germination quality. The objective of this study was to determine the germination kinetics as well as the diversity of pepper accessions (*Capsicum annuum* L.) from the Diffa, region of Niger according to the germination potential. These accessions were collected in 5 Departments of the Diffa region in 2020 and 2022. Thus, the emergence of the seedlings was carried out *in vitro* according to a device in complete randomized blocks with three (3) repetitions. The analysis of variance (ANOVA) showed a significant difference between the accessions, for all the parameters analyzed (P<0.000). The average germination rate which varied from 7.33% for N'guigmi (Ng-047) to 100% for Bosso accessions. Strong correlations were observed between germination rate and germination rate (0.63). The ascending hierarchical classification (HAC) and the principal component analysis (PCA) revealed a structuring of the accessions into 3 main distinct groups. The G1 group composed of 27 accessions is characterized by a long germination time and a germination time of 50% and by a high germination rate. Group G2 is made up of 10 accessions with a long latency time and 50% germination time. As for the G3 group, it is also made up of 10 accessions with a high germination time and latency time. This study will allow breeders to have a biological base material for further research.

KEYWORDS: *Capsicum annuum* L, characterization, germination capacity, seeds, *in vitro,* Niger.

RESUME: Le test de germination des semences permet généralement d'évaluer la qualité germinative des graines. La présente étude avait pour objectif de déterminer la cinétique germinative ainsi que la diversité des accessions de poivron (*Capsicum annuum* L.) de la région de Diffa au Niger en fonction du potentiel de germination. Ces accessions ont été collectées dans 5 Départements de la région de Diffa en 2020 et 2022. Ainsi l'émergence des plantules a été effectuée *in vitro* selon un dispositif en blocs complets randomisés avec trois (3) répétitions. L'analyse de la variance (ANOVA) a montré une différence significative entre les accessions, pour tous les paramètres analysés (P<0,000). Le taux moyen de germination qui a varié de 7,33 % pour N'guigmi (Ng-047) à 100% pour les accessions de Bosso. Des corrélations fortes ont été observées entre le taux de germination et la vitesse de germination (0,63). La classification ascendante hiérarchique (CAH) et l'analyse en composante principale (ACP) ont révélé une structuration des accessions en 3 principaux groupes distincts. Le groupe G1 composé de 27 accessions est caractérisé par une durée de germination et par un taux de germination élevés. Le groupe G2 est constitué de 10 accessions ayant un temps de latence et une durée de 50% germination longs. Quant au groupe G3 il est également constitué de 10 accessions avec une durée de germination. Cette étude permettra aux sélectionneurs d'avoir un matériel de base biologique pour la poursuite de la recherche.

MOTS-CLEFS: *Capsicum annuum* L, caractérisation, pouvoir germinatif, graines, *in vitro*, Niger.

Corresponding Author: Amadou HAROUNA ISSA

1 INTRODUCTION

La germination des graines correspond à la transition de la phase de vie latente de la graine à la phase de développement de la plantule [1]. En règle générale, les graines mûrissent, deviennent quiescentes puis germeront dès que l'eau, l'oxygène et les conditions de températures adéquates seront réunis [2]. Ainsi, la qualité germinative d'une semence est non seulement fonction de son génome, mais aussi en fonction de multiples facteurs que [3] regroupe en quatre catégories: les facteurs d'avant la récolte, les facteurs de la récolte, les facteurs d'après la récolte et les facteurs de la germination.

Un test de germination est souvent réalisé pour déterminer la proportion de semences qui va germer dans des conditions favorables pour produire des plantules capables de se développer en plantes matures. Ceci permet d'utiliser des lots de semences ayant une capacité de germination élevée pour réduire les pertes des semis, du temps de travail et des investissements en intrants agricoles [4]. Par ailleurs, il est reconnu que la capacité germinative des graines diminue avec le temps, même dans des conditions environnementales idéales et constantes [5], [6], [7]; d'où l'importance de réaliser des tests à différents moments: soit directement après la récolte des semences, soit en cours de conservation, soit juste avant la période des semis. Certaines semences germent à tout moment, d'autres ont besoin d'une période de dormance [8] et, un test de germination permet d'obtenir des informations sur le comportement germinatif d'un groupe de graines donné [9].

Au Niger, les paysans tirent généralement les semences de la prochaine saison de leurs récoltes de la saison précédente. La même pratique est souvent observée chez les cultivateurs de la région de Diffa, même chez les producteurs du poivron qui utilisent des semences fréquemment mal conservées et hétérogènes [10]. Dans la région de Diffa le poivron constitue une source de revenus monétaires appréciables pour quelques 6.000 exploitants, et une population agricole d'environ 25.000 à 30.000 personnes [11]. Cette spéculation constitue ainsi une source importante de devises qui améliore par conséquent le pouvoir d'achat et le niveau de vie des producteurs [10]. Cependant, Depuis l'introduction de la culture du poivron dans cette Région, aucune amélioration génétique n'a été réalisée. Les paysans produisent eux même leur propre semence où le seul caractère pris en considération est la grosseur des fruits. Cette méthode de production des semences peut engendrer avec le temps une dégénérescence variétale [12]. Ainsi, les accessions de poivron ont été caractérisées sur le plan de la cinétique et de la capacité germinatives afin d'améliorer le taux de réussite des semis et de la productivité de la culture dans la région.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATÉRIEL VÉGÉTAL

Les semences utilisées sont issues de 43 accessions de poivron de la prospection de 2021-2022 de la Région de Diffa. 3 accessions déjà commercialisées provenant de la Commune Urbaine (CU) de Niamey ont été testées pour voir leur adaptabilité dans la région (Tableau 1).

Tableau 1. Sites de provenance des accessions de poivron utilisées pour le test de germination

Accessions	Régions	Départements	Villages/sites
Bo-001	Diffa	Bosso	Bosso
Bo-002	Diffa	Bosso	Bosso
Bo-003	Diffa	Bosso	Bosso
Bo-004	Diffa	Bosso	Bosso
Bo-005	Diffa	Bosso	Blagana
Bo-006	Diffa	Bosso	Blagana
Bo-007	Diffa	Bosso	Blagana
Bo-008	Diffa	Bosso	Gamgara1
Bo-009	Diffa	Bosso	Gamgara2
Bo-010	Diffa	Bosso	Abadam
Di-012	Diffa	Diffa	Loumbouram
Di-014	Diffa	Diffa	Loumbouram
Di-015	Diffa	Diffa	Kourou Saleri
Di-016	Diffa	Diffa	Kourou Saleri
Di-019	Diffa	Diffa	Madouri
Di-021	Diffa	Diffa	Marché poivron

Di-022	Diffa	Diffa	Marché poivron
Di-023	Diffa	Diffa	Tourba
Di-024	Diffa	Diffa	Tourba
Go-025	Diffa	Goudoumaria	Issoufouri
Go-026	Diffa	Goudoumaria	Issoufouri
Go-027	Diffa	Goudoumaria	Beysemiram
Go-028	Diffa	Goudoumaria	Beysemiram
Ma-029	Diffa	Mainé Soroa	Baboulwa M
Ma-030	Diffa	Mainé Soroa	Baboulwa M
Ma-031	Diffa	Mainé Soroa	Tam
Ma-032	Diffa	Mainé Soroa	Tam
Ma-033	Diffa	Mainé Soroa	Tam
Ma-034	Diffa	Mainé Soroa	Tam
Ng-035	Diffa	N'guigmi	Nguigmi
Ng-036	Diffa	N'guigmi	Nguigmi
Ng-037	Diffa	N'guigmi	Nguigmi
Ng-038	Diffa	N'guigmi	Nguigmi
Ng-040	Diffa	N'guigmi	Kimé gana
Ng-042	Diffa	N'guigmi	Kimé gana
Ng-043	Diffa	N'guigmi	Kimé gana
Ng-045	Diffa	N'guigmi	Kimé gana
Ng-046	Diffa	N'guigmi	Kimé gana
Ng-047	Diffa	N'guigmi	Kimé gana
Ng-048	Diffa	N'guigmi	Kablewa
Ng-049	Diffa	N'guigmi	Kablewa
Ng-050	Diffa	N'guigmi	Kablewa
Ng-051	Diffa	N'guigmi	Kablewa
Ni-052	Niamey	CU de Niamey	CU de Niamey
Ni-053	Niamey	CU de Niamey	CU de Niamey
Ni-054	Niamey	CU de Niamey	CU de Niamey

Quelques échantillons de ces accessions utilisées pour le test de germination sont dans Figure 1

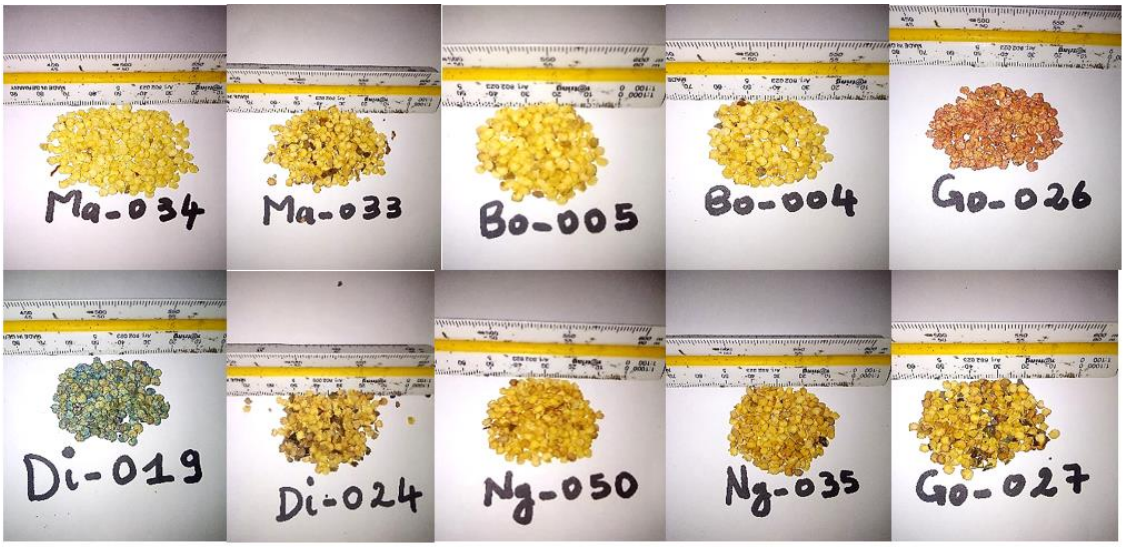


Fig. 1. Echantillon de quelques accessions utilisées pour le test de germination

2.2 ZONE D'ÉTUDE

L'essai a été réalisé dans le mois de juin en 2021 à l'Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN) (Station de Diffa). La station de Diffa (latitude N13°18'54"et longitude E12°35'42") est située dans la commune urbaine de Diffa.

2.3 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Le test a été réalisé *in vitro* sur la base d'un Dispositif en blocs complets randomisés avec trois (3) répétitions. Dans chaque boîte de pétri (représentant une répétition) 30 graines d'une même accession ont été placées, soit au total 90 graines pour les 3 répétitions de l'accession. Les graines ont été semées sur du papier lotus utilisé comme substrat. Les boîtes ont été placées dans une chambre à la température ambiante et ont reçu un apport d'eau une fois par jour (le matin) pendant toute la durée de l'expérience. Les observations ont été réalisées à partir de 08h chaque jour pendant 17 jours.

2.4 COLLECTE DE DONNÉES

Dans le cadre de cette étude cinq paramètres ont été calculés et analysées, il s'agit du taux de germination, de la durée de germination, du temps de latence, de la vitesse de germination et du temps de 50% de germination (Tableau 2). Chaque jour (pendant 17 jours) le nombre des graines germées sont recensées et comptées. Et la germination de toutes les graines de chaque boîte a été attendu pour calculer les paramètres.

Tableau 2. Paramètres calculés dans le cadre du test de germination des différentes accessions de poivron

Paramètres	Formules	Description	Unité
Taux de germination (TG)	$TG = \frac{Ng \times 100}{Nt}$	Nombre de graines germées (Ng) sur le nombre total des graines (Nt) multiplié par cent	%
Durée de germination (DG)	$DG = Df - Dp$	Nombre de jours entre la date de début (Dp) et la date de fin de la germination (Df)	Jour
Temps de latence (TL)	$TL = Dp - Ds$	Nombre de jours entre le semis et la date de la première germination observée	Jour
Vitesse de germination (VG)	$VG = \frac{Ng}{Df-Dp} = \frac{Ng}{Df-Dp}$	Nombre de graines ayant germés par rapport au nombre de jours après semis	Nombre de graine/jour
Temps de 50% germination (T50%G)	-	Nombre de jours nécessaires pour la germination de cinquante pour cent de graines	Jour

2.5 ANALYSE STATISTIQUE DES DONNÉES

Différents outils et différentes méthodes ont été utilisés pour l'analyse statistique des données collectées. L'analyse de la variance (ANOVA) et la comparaison multiple des moyennes avec (méthode de Duncan) ont été réalisées pour déterminer les performances des différentes accessions avec le logiciel GenStat version 12.1. L'analyse des corrélations a été effectuée pour déterminer le degré d'association entre les variables, la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) pour le regroupement des accessions et l'analyse en composantes principales (ACP) ont été réalisées avec les logiciels R version 4.0.2 [13] et Rstudio version 4.0.2 [13].

3 RESULTATS

3.1 PERFORMANCE DE LA GERMINATION DES ACCESSIONS

Les analyses statistiques descriptives montrent des grandes amplitudes de variation pour tous les Paramètres étudiés (Tableau 3). Ce tableau montre que le temps de 50% de germination a varié entre 1 et 10 jours et les amplitudes du taux de germination entre 6% et 100%. Le temps de latence a varié entre 1 et 8 jours, pour une durée globale de germination étalée entre 1 et 9 jours. La vitesse de germination a été de 1 à 15 graines par jour. La variance a été plus observée (945,61) au niveau du taux de germination, avec des coefficients de variation des caractères étudiés significativement élevés (CV>30%) chez toutes les accessions.

Tableau 3. Performance des capacités germinatives des accessions étudiées

Variables	Mini	Moy	Maxi	Est	E-t	Var	CV
T50%G	1,000	3,181	10,000	0,209	2,459	6,047	77,30
TxG	6,000	63,00	100,00	2,62	30,75	945,61	48,81
TL	1,000	2,841	8,000	0,122	1,431	2,047	50,37
DG	1,000	4,275	9,000	0,159	1,863	3,471	43,58
VG	0,400	3,333	15,000	0,249	2,928	8,576	87,85

T50%G: *Temps de cinquante pour cent de germination;* ***TxG****: Taux de germination;* ***TL****: Temps de latence;* ***DG****: Duree de germination;* ***VG****: Vitesse de germination****; Mini:*** *Minimun;* ***Moy:*** *Moyenne;* ***Maxi:*** *Maximun;* ***Est:*** *Erreur type de la moyenne;* ***E-t:*** *Ecart-type****; Var:*** *Variance****; CV:*** *Coeficien de variation;* ***Med:*** *Mediane.*

3.2 ANALYSE DE VARIANCE (ANOVA)

Une analyse de la variance (ANOVA) a montré des différences significatives entre les accessions, pour tous les paramètres analysés (P = 0,000). (Tableau 4).

Tableau 4. Résultats de l'analyse de variance des paramètres calculés pour caractériser les capacités germinatives des accessions de poivrons étudiées

Sources de variation	Paramètres	P-value
Accessions	DG	<0,000***
	T50%G	<0,000***
	TL	<0,000***
	TxG	<0,000***
	VG	<0,000***
Répétition	DG	0,904ns
	T50%G	0,990ns
	TL	0,628ns
	TxG	0,999ns
	VG	0,994ns

T50%G: *Temps de cinquante pour cent de germination;* ***TxG****: Taux de germination;* ***TL****: Temps de latence;* ***DG****: Duree de germination;* ***VG****: Vitesse de germination;* ******:*** *tres significatif;* ***ns:*** *non significatif.*

3.3 COMPARAISON MULTIPLE DES MOYENNES

Le Tableau 5 montre les moyennes des cinq paramètres mesurés en fonction des 46 accessions de poivron étudiées. La durée moyenne de germination a varié entre 1 jour (chez les accessions Bo-005, Bo-010, Di-022, Ng-038, Ng-046, Ng-047) et 9 jours (Ni-053). Le temps moyen pour atteindre 50% de germination a été en moyenne de 1 jour chez les accessions Di-014, Di-022, Go-025, Go-026, Go-028, Ma-029, Ma-030, Ma-032, Ma-033, Ng-038, Ng-042, Ng-045, Ng-046, Ng-047, Ng-049) et de 10 jours chez l'accession Ni-053. Le temps moyen de latence a été estimé entre 1 jour (chez les accessions Bo-001, Bo-003, Bo-004, Bo-005, Bo-010) et 8 jours (chez Di-012). Le taux de germination a varié entre 7,33 % (Ng-047) et 100% (Bo-003, Bo-004, Bo-005, Bo-008, Bo-009, Bo-010). Quant à la vitesse de germination, elle a varié entre 1 graine par jour (Ng-047) et 14 graines par jour (Bo-005, Bo-010).

Tableau 5. Comparaison multiple des moyennes des cinq paramètres mesurés en fonction des 46 accessions de poivron étudiées

Accessions	DG		T50%G		TL		TxG		VG	
Bo-001	3,00	q	3,00	i	1,00	g	63,33	l	4,33	efg
Bo-002	3,00	q	2,00	j	1,67	f	88,00	e	5,47	d
Bo-003	4,67	kl	2,00	j	1,00	g	100,00	a	4,67	ef
Bo-004	3,00	q	2,00	j	1,00	g	100,00	a	7,67	b
Bo-005	1,33	r	2,00	j	1,00	g	100,00	a	14,33	a
Bo-006	4,00	n	2,00	j	2,00	f	97,00	c	7,25	b

Bo-007	5,00	k	2,00	j	2,00	f	93,00	d	4,17	fgh
Bo-008	3,00	oq	2,00	j	2,00	f	100,00	a	6,33	c
Bo-009	5,00	hk	2,00	j	2,00	f	100,00	a	3,55	ijk
Bo-010	1,33	r	2,00	j	1,00	g	100,00	a	14,67	a
Di-012	5,00	hik	7,67	cd	7,67	a	87,00	e	1,67	uvw
Di-014	2,67	q	1,00	k	3,00	e	20,67	t	1,33	vwx
Di-015	5,00	hijk	3,00	i	1,67	f	83,33	f	3,71	hij
Di-016	4,00	n	3,67	h	2,00	f	68,00	k	3,22	jklm
Di-019	5,33	hijk	4,00	h	2,67	e	87,00	e	3,17	jklmno
Di-021	4,00	n	7,33	d	3,00	e	50,67	mn	2,09	stu
Di-022	1,00	r	1,00	k	3,00	e	37,00	r	2,83	lmnopq
Di-023	5,67	gh	5,00	g	3,00	e	87,00	e	2,92	lmnop
Di-024	5,00	hijk	6,67	e	3,00	e	50,00	n	2,26	qrst
Go-025	1,00	r	1,00	k	3,67	d	17,33	u	1,00	xyz
Go-026	6,67	c	1,00	k	4,67	c	47,00	o	1,16	wxy
Go-027	6,33	cde	8,67	b	3,00	e	52,00	m	1,77	tuv
Go-028	6,33	cdef	1,00	k	3,00	e	13,67	v	0,44	zab
Ma-029	3,67	no	1,00	k	2,67	e	47,00	o	2,33	pqrst
Ma-030	3,67	nop	1,00	k	3,00	e	47,00	o	2,33	pqrst
Ma-031	6,00	cefg	5,67	f	3,00	e	80,00	g	2,61	mopqrs
Ma-032	5,00	hijk	1,00	k	4,67	c	40,00	q	1,20	wxy
Ma-033	4,00	ln	1,00	k	6,33	b	28,00	s	0,87	xyzab
Ma-034	5,00	hijk	6,00	f	3,00	e	87,00	e	3,25	ijkl
Ng-035	7,67	b	8,00	c	3,00	e	10,00	w	2,73	lmnopqr
Ng-036	6,67	cd	2,00	j	2,00	f	98,00	ac	3,22	jklmn
Ng-037	5,00	hijk	4,00	h	2,00	f	70,00	j	3,00	klmno
Ng-038	1,00	r	1,00	k	4,67	c	43,00	p	2,16	rstu
Ng-040	3,00	opq	5,00	g	3,00	e	63,00	l	3,16	jklmno
Ng-042	5,00	hijk	1,00	k	3,00	e	13,33	v	0,67	yzab
Ng-043	5,67	ghi	2,00	j	2,00	f	97,00	c	3,75	hij
Ng-045	5,67	eghij	1,00	k	6,00	b	20,33	t	0,54	zab
Ng-046	1,33	r	1,00	k	3,67	d	17,33	u	1,00	xyza
Ng-047	1,00	r	1,00	k	3,67	d	7,33	x	0,40	zb
Ng-048	3,00	opq	2,00	j	1,67	f	80,00	g	4,80	e
Ng-049	5,00	hijk	1,00	k	2,00	f	17,00	u	0,71	yzab
Ng-050	4,00	lmn	5,00	g	1,67	f	73,00	i	3,66	hij
Ng-051	4,00	lmn	3,00	i	2,00	f	78,00	h	3,83	ghi
Ni-052	6,67	cd	6,00	f	4,00	d	96,67	c	2,63	mnopqrs
Ni-053	8,67	a	9,67	a	2,00	f	63,00	l	1,82	tuv
Ni-054	4,67	klm	6,00	f	3,67	d	80,00	g	2,66	lmnopqrs

T50%G: *temps de cinquante pour cent de germination;* ***TxG****: taux de germination;* ***TL****: Temps de latence;* ***DG****: Duree de germination;* ***VG****: Vitesse de germination*

3.4 CINÉTIQUE GERMINATIVE DES ACCESSIONS

Les potentiels germinatifs des accessions ont montré des écarts importants, sauf chez les accessions du département de Bosso qui ont été plus homogènes et synchrones (Figure 2A). En effet, les germinations ont été observées entre le premier et le septième jour chez les accessions provenant du Département Bosso et entre le deuxième et le troisième jour chez celles de Goudoumaria. Elles ont été observées entre le troisième et le dixième jour chez les accessions du Département de Mainé Soroa et entre le deuxième et le onzième jour chez celles de Diffa, N'guigmi et Niamey (Figure 2).

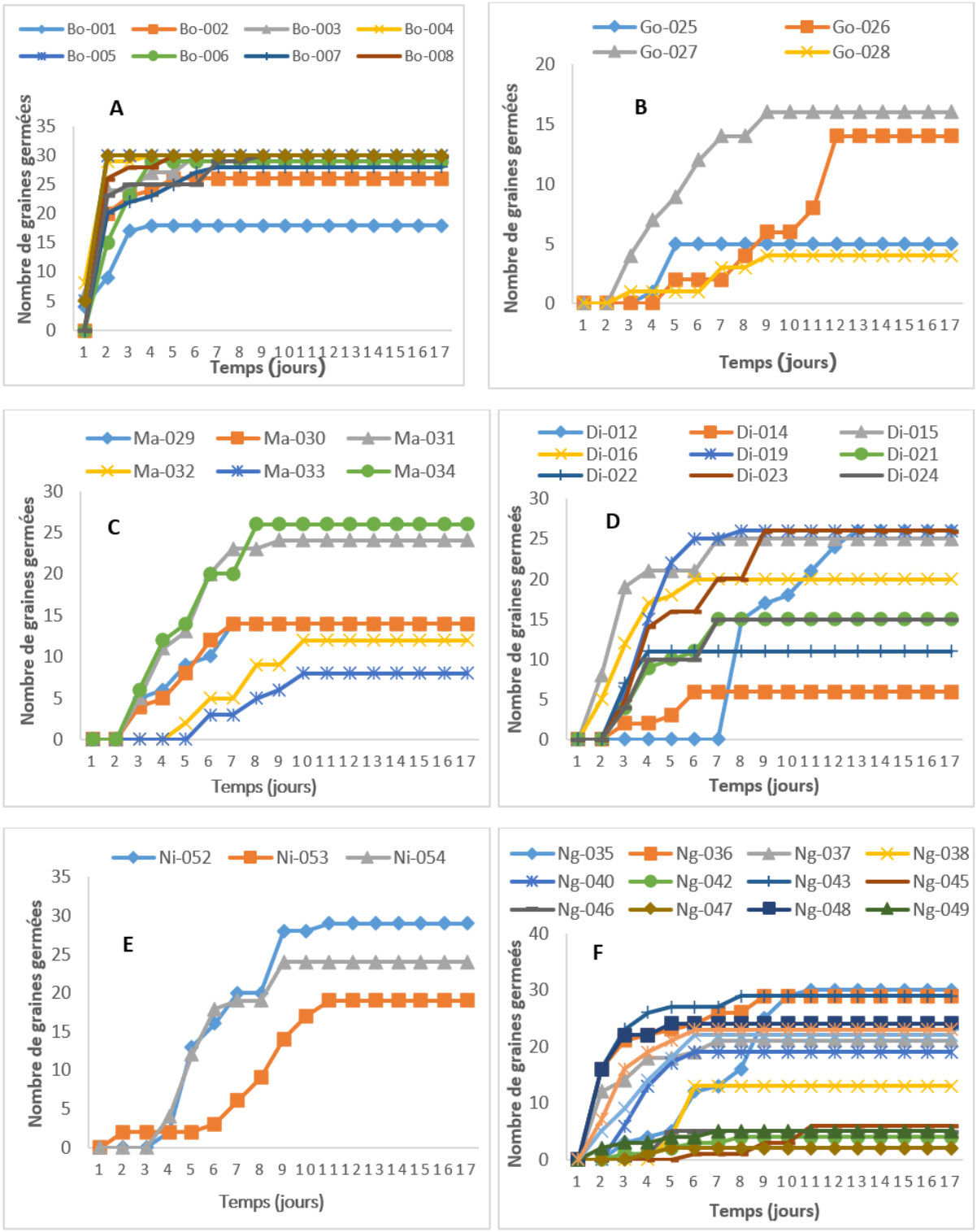


Fig. 2. *Courbes de germination de la collection des accessions testées: A= Accessions de Bosso, B= Accessions de Goudoumaria; C= Accessions de Mainé; D= Accessions de Diffa; E= Accessions de Niamey; F= Accessions de N'guigmi*

3.5 Relation Entre Les Caractères De Germination Étudiés

La matrice corrélations (Tableau 6) montre des corrélations positives et forte entre la durée de germination (DG) et le temps de cinquante pour cent de germination (T50%G) et entre le taux de germination (TxG) et la vitesse de germination (VG), avec des coefficients respectifs de 0,5116 et 0,6340. Les corrélations ont en revanche été négatives entre le temps de latence (TL) et le TxG et entre le TL et la VG, avec des coefficients respectifs de -0,4325 et -0,5607 (Tableau 6).

Tableau 6. ***Corrélations entre les variables calculées pour la caractérisation des capacités germinatives des accessions de poivron étudiées***

	DG	T50.G	TL	TxG	VG
DG	1,0000				
T50%G	**0,5116***	1,0000			
TL	0,1042	0,0601	1,0000		
TxG	0,0992	0,2075	**-0,4325***	1,0000	
VG	-0,3410	-0,0734	**-0,5607***	**0,6340****	1,0000

DG**: Durée de germination; **T50%. G**: Temps de cinquante pour cent de germination; **TL**: Temps de latence; **TxG**: Taux de germination; **VG**: Vitesse de germination. ***: significatif; **: très significatif.

3.6 STRUCTURATION DE LA VARIABILITÉ DE LA GERMINATION DES DIFFÉRENTES ACCESSIONS

Les résultats de la classification ascendante hiérarchique (CAH) à travers la méthode de "Ward.D2" réalisée à partir des moyennes des différents caractères étudiés ont donné un Dendrogramme montrant 3 groupes (Figure 3). Les effectifs des accessions sont 27 dans le premier groupe (G1), contre 10 dans le deuxième groupe (G2) et 9 dans le troisième groupe (G3). La répartition des accessions dans les différents groupes montre que la diversité est structurée indépendamment de zone de provenance à l'exception des accessions de Bosso. Par exemple, les accessions Ma-031, Ma-034, Ma-033, Ma-029, Ma-030, Ma-032 du Département de Mainé Soroa sont repartis dans tous les 3 groupes. Il en est de même pour les accessions Di-012, Di-015, Di-016, Di-019, Di-023, Di-021, Di-022, Di-024 du Département de Diffa qui sont réparties dans deux groupes. Cependant, toutes les accessions de Bosso sont reparties dans un seul groupe (G1).

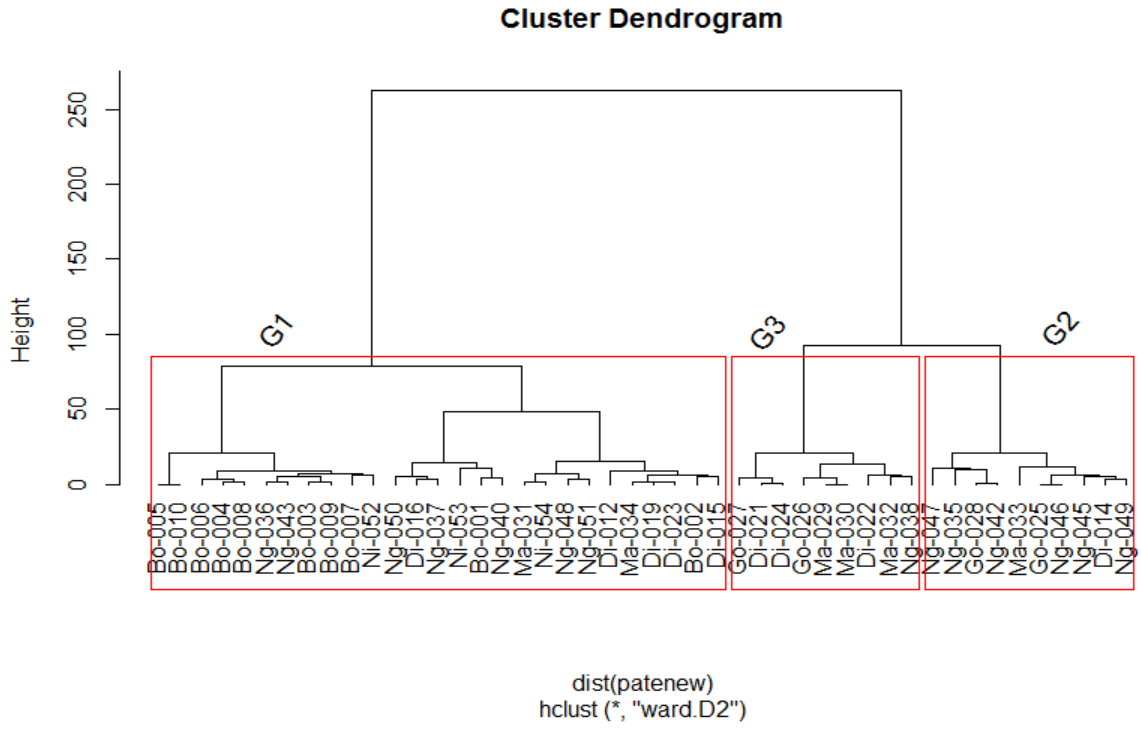


Fig. 3. ***Dendrogramme issu de la classification ascendante hiérarchique (CAH) des accessions de poivron étudiées***

3.7 RELATIONS ENTRE LES VARIABLES ET CARACTÉRISTIQUES DES GROUPES D'ACCESSIONS

Les résultats de l'analyse en composante principale des paramètres étudiés dans le cadre de la caractérisation des capacités germinatives des différentes accessions de poivron révèlent 2 axes dont le premier représente 42,61% des informations et le deuxième 31,88%, soit 74,49% des informations retenues par les deux axes (Tableau 7).

Tableau 7. ***Valeurs propres et contribution des variables étudiées aux axes de l'ACP***

	Axe 1	**Axe 2**
Valeur propre	2,13	1,59
Contribution des axes (%)	42,61	31,88
Cumule des contributions des axes (%)	42,61	74,49

Les coefficients de corrélations entre les variables de départ et chacun des 2 premiers principaux axes dégagés par l'ACP sont consignés dans le Tableau 8. Les corrélations entre les variables initiales et le premier axe discriminant (Dim1) montent qu'il y a des valeurs élevées de TxG élevés (0,824) et de VG (0,893) qui sont associées à des faibles valeurs de TL (-0,770). Quant au deuxième axe (Dim2), il révèle qu'il y a des valeurs élevées de T50%G (0,842) qui sont associées à des valeurs élevées de DG (0,869).

Tableau 8. ***Corrélations entre les variables de départ et chacune des deux premiers axes dégagés par les ACP***

Variables	**Axe1**	**Axe2**
T50%G	0,195	0,842
TxG	0,824	0,301
TL	-0,770	0,069
DG	-0,181	0,869
VG	0,893	-0,226

DG*: Durée de germination;* ***T50%. G****: Temps de cinquante pour cent de germination;* ***TL****: Temps de latence;* ***TxG****: Taux de germination;* ***VG****: Vitesse de germination.*

L'analyse du biplot (Figure 4) révèle que les individus du groupe G1 ont eu des valeurs élevées pour la DG, le T50%G, le TxG et la VG, contre des valeurs faibles pour le TL. En revanche, les individus du groupe G2 ont eu des valeurs élevées pour le TL et la DG. Quant aux individus du groupe G3, ils ont eu des valeurs élevées pour la DG, le T50%%G et le TL.

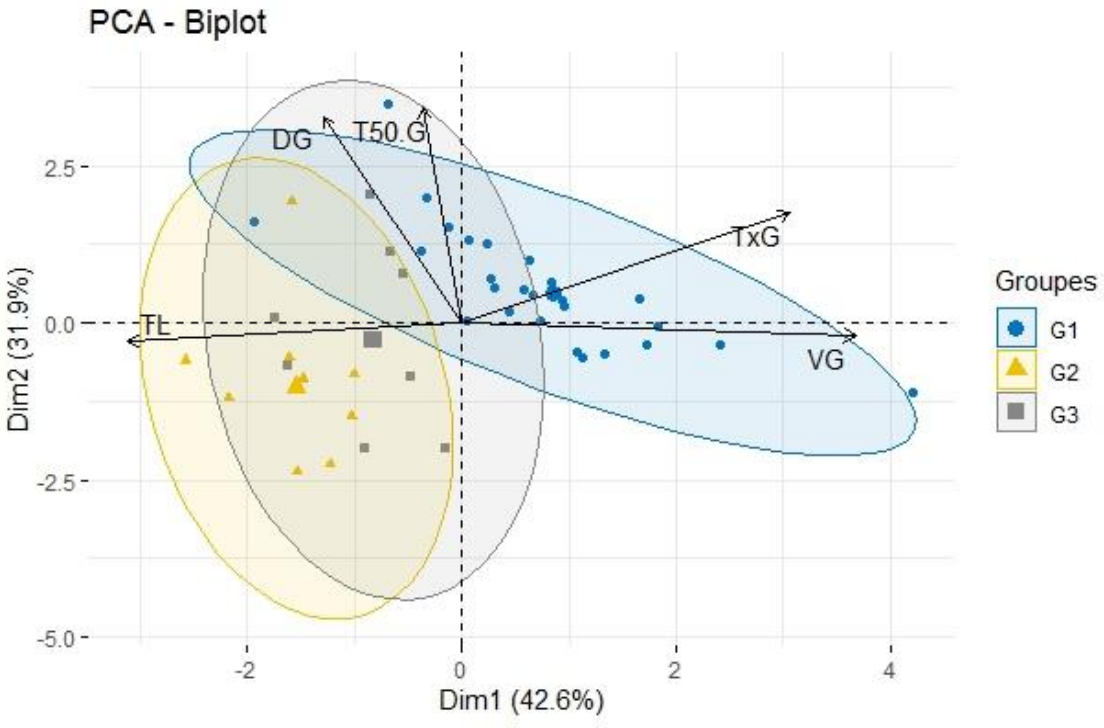


Fig. 4. ***Projection des individus et des variables sur les deux premiers principaux axes***

3.8 PERFORMANCE DES GROUPES

L'examen des valeurs du coefficient de détermination R-carré (R^2) et de la probabilité (P-value) (Tableau 9) indique que le TxG et la VG sont les variables les plus discriminantes, avec des valeurs de P-value (p = 0,000) hautement significatives. Le TL est aussi discriminant avec un P-value (p = 0,004) significatif. Par contre le T50%G (p = 0,083) et DG (p = 0,729) sont moins discriminants.

Tableau 9. ***Tests du pouvoir discriminant des trois groupes selon les variables analysées: valeurs de R^2 et niveau de signification***

Groupes	Moyenne et Ecart-type	Variables				
		T50%G	TxG	TL	DG	VG
G1	Moyenne	3,777	85,629	2,370	4,518	4,667
	Ecart-type	2,154	13,050	1,390	1,762	3,286
G2	Moyenne	1,700	16,000	3,800	4,000	0,912
	Ecart-type	2,213	5,868	1,316	2,449	0,681
G3	Moyenne	3,222	46,000	3,667	4,111	1,924
	Ecart-type	3,382	5,123	1,000	2,027	0,496
R-carré (R^2)		0,068	0,880	0,184	-0,031	0,270
P-value		0,083	0,000	0,004	0,729	0,000
F-statistique		2,643	167,3	6,083	0,318	9,333

La projection des trois groupes dans le système d'axes formé par les 2 variables les plus discriminantes (TxG et VG) révèle que les accessions du G1 ont un pouvoir germinatif plus élevé et une vitesse de germination plus rapide que les accessions du G2 (Figure 5). En ce qui concerne les accessions du G3, elles ont occupé une place intermédiaire entre les G1 et G2, pour le TxG.

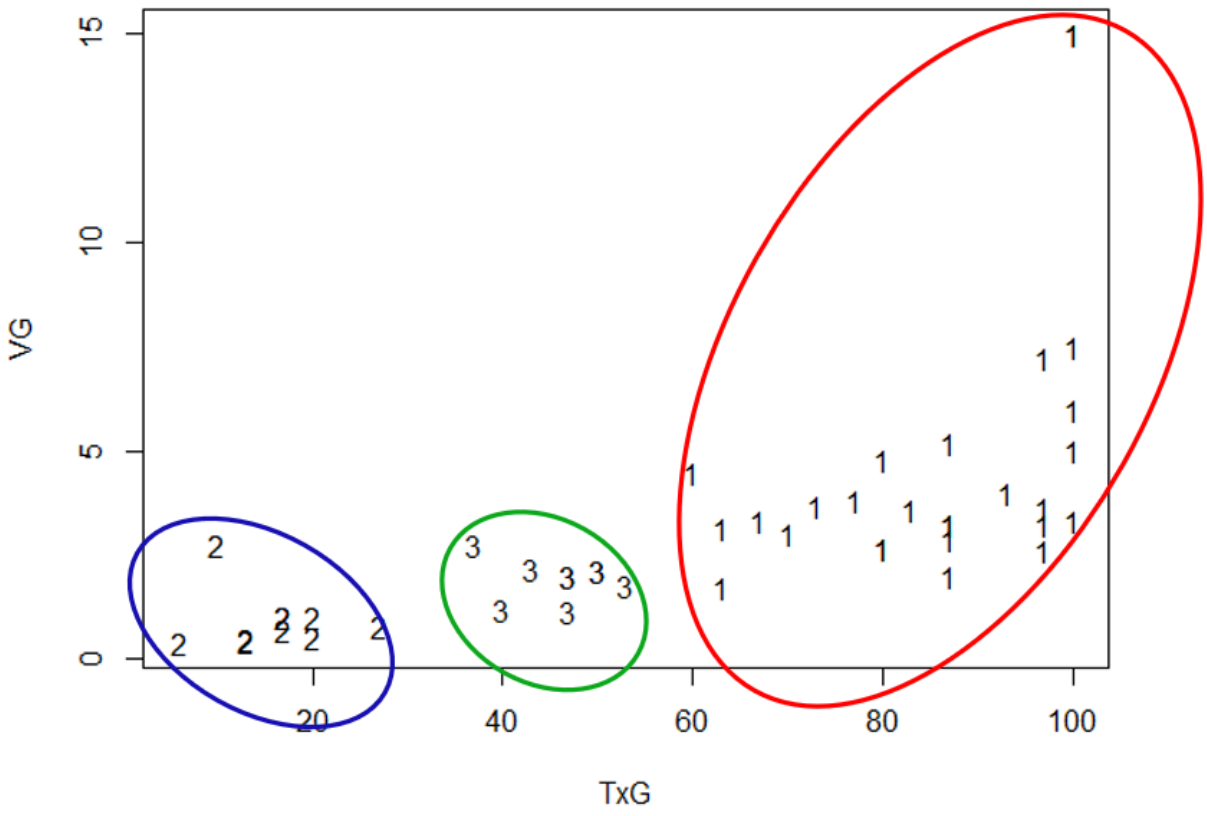


Fig. 5. ***Projection des 3 groupes dans le plan formé par le taux de germination (TxG) et la vitesse de germination (VG): les deux variables ayant eu les R^2 les plus élevés. 1=G1; 2=G2; 3=G3***

4 DISCUSSION

Les coefficients de variation élevés traduisent la variabilité qui existe entre les accessions étudiées. Les valeurs de CV inférieures à 30 % sont considérées comme faibles [14]. Tous les caractères étudiés ont montré des coefficients de variation des significativement élevés (CV>30%) chez toutes les accessions. Cela explique la présence d'une forte variation entre les accessions. Une différence significative observée pour les caractères évalués confirme la diversité génétique entre des accessions de poivron [15].

Les accessions de poivron ont montré des taux de germination élevés compris entre 7,33 % (Ng-047) et 100% (Bo-003, Bo-004, Bo-005, Bo-008, Bo-009, Bo-010). Cependant, un faible taux de germination a été observé au niveau des accessions du Département de N'guigmi. Ce faible taux de germination peut s'expliquer en partie par une mauvaise récolte, une mauvaise conservation ou un vieillissement des semences. En effet, [16] a affirmé que, pendant leur stockage, les graines peuvent se détériorer sous les effets des facteurs environnementaux comme la température, l'hygrométrie, etc. Les allures des différentes courbes ont montré un écart important entre la première graine et la dernière germée, sauf chez les accessions du Département de Bosso qui ont eu des allures plus homogènes et synchrones. Cela est dû à la présence d'une diversité au sein des accessions et entre elle. La variabilité est élevée aussi bien au sein d'une même accession qu'entre les accessions, avec des amplitudes assez grandes signifiant une diversité des niveaux de performance entre les différentes accessions. Selon, [17], les réactions de la germination des graines aux différents facteurs environnementaux peuvent (ou non) avoir une base génétique qui explique les variations ainsi observées dans les conditions de cette étude menée *in vitro.* Les variations ainsi observées sur les caractères étudiés montrent la possibilité de sélection génétique des accessions. Ces résultats prouvent l'existence d'une importante hétérogénéité génotypique entre les accessions étudiées. Les accessions les plus précoces (Bo-005, Bo-010, Di-022, Ng-038, Ng-046, Ng-047) ont durées une journée pour germée alors que la plus tardive a eu une durée de 9 jours (Ni-053). Selon [18], le degré d'épaisseur et d'ouverture de la coque (ou du péricarpe) peuvent influencer la germination.

De façon générale, les cinétiques de germination des semences des différentes accessions décrivent les courbes en forme sigmoïdale à trois phases. L'analyse des courbes du taux cumulé de germination sur 17 jours, montre qu'il y a généralement une première phase de latence correspondant au temps nécessaire pour l'imbibition des graines. Cette phase, très variable selon les accessions, a été plus longue chez les accessions du département de Goudoumaria (Figure 2B), de Mainé (Figure 2C), de Diffa (Figure 2D), de Niamey (Figure 2E) et quelques accessions de N'guigmi (Figure 2F) et plus courte chez les accessions du département de Bosso (Figure 2A). La deuxième phase, à tendance exponentielle, est aussi variable et caractérise l'accélération de la germination selon les accessions. Elle a été plus longue chez les accessions de Niamey (Ni-053) avec une durée de 11 jours, de Goudoumaria (Go-026, Go-027) et de Diffa (Di-023) avec une durée de 8 jours, et plus courte chez les accessions de Bosso (Bo-004 et Bo-010) et quelques accessions de Goudoumaria (Go-025) avec une durée de 2 jours, Quant à la troisième phase, elle décrit un plateau stable indiquant la fin de la germination chez les semences de chaque accession (Figure 2). Ce résultat corrobore les travaux de [16] sur une étude de la germination de *Lawsonia inermis,* qui ont trouvé trois phases sur les courbes germination.

Les corrélations établies entre les différents paramètres analysés permettent d'opérer le choix des caractères à intégrer dans les programmes de sélection génétique. En effet, les corrélations entre les caractères peuvent faciliter l'amélioration génétique, notamment lorsqu'elles sont positives. Dans ce cas de figure, l'amélioration d'un caractère entraîne souvent l'amélioration de ceux avec lesquels il est corrélé [19]. Les résultats obtenus montrent que les accessions qui ont une durée de germination longue ont également un temps de 50% germination prolongé (0,51). En revanche, ceux dont le temps de latence dure plus longtemps ont une vitesse de germination lente (-0,56). Par ailleurs un taux élevé de germination explique une vitesse de germination rapide (0,63). Cela peut s'expliquer par l'existence d'une diversité génétique à l'intérieur d'une même accession. [20] explique que l'augmentation de la taille des graines, la réduction de l'éclatement des graines, et la diminution de la dormance des graines peuvent varier selon les variétés. Une germination rapide permet une dormance réduite [21]. Le degré d'épaisseur et d'ouverture de la coque (ou du péricarpe) peuvent influencer la germination [18].

L'ensemble des accessions de poivron provenant de la Région de Diffa et de la Commune urbaine de Niamey se répartissent en trois principaux groupes, sur la base des cinq paramètres étudiés. La CAH confirme bien les résultats de L'ACP. L'analyse montre que le taux et la vitesse de germination sont les variables les plus discriminantes entre les trois (3) groupes. Le groupe G1 rassemble les accessions hétérogènes qui germent précocement, avec un bon taux de germination. Quant au groupe G2, il est constitué par les accessions qui germent tardivement, mais de façon moins hétérogène que dans le groupe G1. En fin, le groupe G3 rassemble les accessions hétérogènes qui germent tardivement mais un peu plus précocement que les accessions du groupe G2. Il y a un mélange d'accessions provenant de différents Départements dans les trois groupes d'une part. Ceci rappelle les résultats obtenus par [22] stipulant des dissemblances phénologiques entre les différents groupes d'accessions maintenues sous des processus évolutifs très différents dans leur agroécosystème respectif [23]. Et D'autre part les accessions de Bosso sont regroupées dans un seul groupe (G1). Les génotypes regroupés dans un même cluster divergent vraisemblablement très peu les uns des autres.

5 CONCLUSION

Cette étude a permis d'améliorer les connaissances sur les capacités de germination du poivron *in-vitro*. La variation observée pour les qualités germinatives des accessions de la collection pourra servir de base pour la sélection des graines. De plus, les courbes décrivant la cinétique de germination sont différentes et reflètent les différences génétiques qui existent entre les lots de chaque accession. D'autres investigations sont tout de même nécessaires pour analyser les caractères agro-morphologiques ainsi que la structuration moléculaire et génétique des différentes accessions. Du point de vue pratique, l'obtention des trois groupes d'accessions peut permettre aux sélectionneurs d'avoir un matériel de base biologique pour la poursuite de la recherche, notamment en matière de développement de nouvelles variétés de poivron.

REMERCIEMENTS

Nous remercions très sincèrement l'autorité rectorale de l'Université de Diffa (UDA), le Directeur de la Station de l'Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN) de Diffa, pour son appui dans la mise en place de l'essai. Nous remercions aussi les chefs des villages et les populations qui nous ont fourni les semences.

REFERENCES

[1] Baskin CC, Baskin JM. Seeds. Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. Academic Press, San Diego, California, 2001.
[2] Srivastava LM. *Plant Growth and Development. Hormones and Environment.* Academic Press, San Diego (CA). p 772, 2002.
[3] Côme D. Germination of seeds of some aromatic plants. In: Identification, Preservation, Adaptation, and cultivation of selected aromatic and medicinal plants suitable for marginal londs of the Mediterranean Region (Progress report of the EECCAMAR-Programme No. 8001-CT91-0104, February 1993-August 1993), Mediterranean Agronomic Institute of Chinia. p.111-126, 1993.
[4] El-Kassaby YA. Representation of Douglas-fir and western hemlock families in seedling crops as affected by seed biology and nursery crop management practices. *Forest Genetics*. 7 (4): 305-315, 2000. https://www.researchgate.net/publication/235764920.
[5] Roos EE. Physiological, biochemical, and genetic changes in seed quality during storage. *Hortscience.* 15 (6): 781-784, 1980.
[6] Mayer AM, Poljakoff-Mayber A. *The germination of seeds. Fourth edition.* Pergamon Press. Toronto, P. 270, 1989.
[7] Bewley JD, Black M. *Seeds: Physiology of development and germination* (2nd edn). Plenum Press: New York. P. 445, 1994.
[8] AgroBio P. *Faire ses tests de germination*. Fiche Technique. Avec le concours Financier de l'Europe, du Conseil Régional d'Aquitaine. Edition Septembre. 4pages, 2013.
[9] Jayanthi MA, Vijayakumar1 K, Vananagamudi1 K, Rajaman. Influence of Date of Transplanting on Growth and Yield attributes and Resultant Seed Quality of Davana. *American Journal of Plant Sciences,* 4, 1721-1724, 2013. DOI: http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2013.49210.
[10] Saley MS, Amadou HI, Kéllou KKB, Boubacar MM, Moustapha G, Ali M. Prospection, Enquête et Collectes des Accessions de Poivron *(Capsicum annuum* L.) Cultivés dans la Région de Diffa, Niger*. European Scientific Journal.* 19 (3): 189-208, 2023. DOI: https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n3p189.
[11] CRA/D (Chambre Régionale D'agriculture de Diffa). *Le poivron rouge de Diffa, éléments techniques et économiques pour la culture*. Fiche technique et économique 3p, 2016.
[12] Jami T. *Assistance technique petite irrigation.* Rapport de fin de projet NER 88/004. République du Niger. 89 p, 1994.
[13] RCore Team, A Language and Environment for Statistical Computing. *R Foundation for Statistical Computing,* Vienna, 2018. https://www.R-project.org
[14] Gomes FP, Garcia CH. Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: FEALQ. ISBN: 857133014X. 309p, 2002.
[15] Santos Pessoa Angela Maria dos, Elizanilda Ramalho do Rêgo, Michelle Gonçalves de Carvalho, Cristine Agrine Pereira dos Santos, Mailson Monteiro do Rêgo. Genetic diversity among accessions of Capsicum annuum L. Through morphoagronomic characters. *Genetics and Molecular Research* 17 (1), 2018. gmr16039883. DOI http://dx.doi.org/10.4238/gmr16039883.
[16] Johnson BN, Quashie MLA, Radi R, Segla KN, Adjonou K, Kokutse AD, Kokou K. Etude de la germination de *Lawsonia inermis* L. sous différentes contraintes abiotiques. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 13 (2): 747-758, 2019.DOI: https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i2.14.
[17] Baskin CC, Baskin JM. Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination (San Diego, CA: Elsevier/AP). P.150-162, 2014.
[18] Weiss AN, Primer SB, Pace BA, Mercer KL. Maternal effects and embryo genetics: germination and dormancy of crop–wild sunflower hybrids. *Seed Science Research*. 23: 241–255, 2013. DOI: https://doi.org/10.1017/S0960258513000226.
[19] Bakasso Y. Ressources génétiques des roselles *(Hibiscus sabdariffa* L.*)* du Niger: Evaluations agro-morphologique et génétique. Thèse de doctorat ès- sciences Mention: Science Naturelles (Génétique); Université Abdou Moumouni de Niamey. P. 102, 2010.
[20] Hammer K. Das domestikationssyndrom. Die Kulturpflanze. 32: 11–34, 1984.

[21] Wang M, Li W, Fang C, Xu F, Liu Y, Wang Z. Parallel selection on a dormancy gene during domestication of crops from multiple families. *Nature Genetics*. 50: 1435–1441, 2018. DOI: https://doi.org/10.1038/s41588-018-0229-2 PMID: 30250128.

[22] Sévérin B, Yao D.Variabilité morphologique et agronomique des variétés traditionnelles de voandzou (*Vigna subterranea* L. verdc,) de Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences.* 41: 2820-2835, 2011.

[23] Robert T, Luxereau A, Mariac C, Ali K, Allinne C, Bani J, Beidari Y, Bezançon G, Gayeux S, Couturon E, Dedieu V, Sadou M, Seydou M, Seyni O, Tidjani M, Sarr A. *Gestion de la diversité en milieu paysan: influence de facteurs anthropiques et des flux de gènes sur la variabilité génétique des formes cultivées et spontanées du mil (Pennisetum glaucum ssp. glaucum) dans deux localités du Niger,* Actes du 4e colloque national. Le patrimoine génétique: la diversité et la ressource. La Châtre, 14-16 octobre 2002. 2004.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 4 Jun. 2023, pp. 1774-1782
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Evolution de l'écosystème de l'estuaire du Saloum au cours des derniers millénaires: Apport des diatomées

[Evolution of the ecosystem of the Saloum estuary over the last millennia: Contribution of diatoms]

GUEYE Adama and SOW El Hadji

Département de Géologie, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Dakar-Fann, Senegal

Copyright © 2023 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 inventory of the diatomic flora of Séné-Gambia and the reconstruction of the history of Senegal's estuaries, a sampling mission was carried out along the Saloum estuary in the upstream parts of its three branches which are the northern branch (the main inlet), the middle branch (the Diomboss) and the southern branch (the Bandiala).
The samples were taken using a Russian auger. The bottom of the mud has always been reached, but at very variable depths. A total of six cores were made and the study of diatoms carried out.
A total of 150 species of diatoms belonging to 70 genera have been inventoried. The most represented genera are *Nitzschia* (14 species) and Coscinodiscus (8 species). The microflora is dominated everywhere by *Cyclotella striata* except at Néma Ba where it admits *Nitzschia granulata* as co-dominant. Euryhaline species dominate everywhere and confirm the dual marine/freshwater influence, the degree of which has varied over time and space. These results, combined with the lithological data, allow the following conclusions to be drawn: (i) the filling deposit of the Saloum estuary, begun in Nouakchottian, is marked by an abundance of sands and a poverty or absence of diatoms; (ii) at the end of the Nouakchottian transgression, the development of the mangrove allows the deposit, in the upstream part of the main inlet, of peat incompatible with the conservation of diatom valves; elsewhere, the sands diminish in favor of lutites and allow the development of diatoms; (iii) between 3500 and 2500 years B.P., primary paleo-productivity and specific diversity increase everywhere and the Bandiala receives fresh water from the Nema River; (iv) after 2000 years BP, the growing influence of the Nema River leads to an increase in oligohalobic forms along the Bandiala; (v) at the top of the sedimentary series, the agitation of the environment caused the deposit of coarse sediments and the absence of diatoms.

KEYWORDS: Core, peat, lutites, sands, Nouakchottian, marine, freshwater.

RESUME: Dans le cadre de l'inventaire de la flore diatomique de la Séné-Gambie et de la reconstitution de l'histoire des estuaires du Sénégal, une mission d'échantillonnage a été menée le long de l'estuaire du Saloum dans les parties amont de ses trois branches. Les prélèvements ont été faits au carrotier russe. Le fond de la vase a été atteint à des profondeurs très variables. Un total de 150 espèces de diatomées appartenant à 70 genres a été inventorié. La microflore est dominée partout par *Cyclotella striata* sauf à Néma Ba où elle admet *Nitzschia granulata* comme co-dominante. Les espèces euryhalines dominent partout et confirment la double influence marine/eau douce dont le degré a varié au cours du temps et de l'espace. Ces résultats, combinés aux données lithologiques, permettent de tirer les conclusions suivantes: (i) Le dépôt de remplissage de l'estuaire du Saloum, commencé au Nouakchottien, est marqué par une abondance des sables et une pauvreté ou une absence de diatomées; (ii) à la fin de la transgression nouakchottienne le développement de la mangrove permet un dépôt, dans la partie amont du bras principal, de tourbe incompatible avec la conservation des valves de diatomées; ailleurs, les sables diminuent au profit des lutites et autorisent le développement des diatomées; (iii) entre 3500 et 2500 ans B.P., la paléo-productivité primaire et la diversité spécifique augmentent partout et le Bandiala reçoit des apports d'eau douce de la rivière Néma; (iv) après 2000 ans BP, l'influence grandissante de la rivière Néma entraine une augmentation des formes oligohalobes le long du Bandiala; (v) au sommet de la série sédimentaire l'agitation du milieu a occasionné le dépôt de sédiments grossiers et l'absence de diatomées.

MOTS-CLEFS: Sondages, tourbe, lutites, sables, Nouakchottien, marine, eau douce.

Corresponding Author: SOW El Hadji

1 INTRODUCTION

L'estuaire du Saloum (figure 1), situé au centre-ouest du Sénégal, dans la région naturelle du Sine Saloum, s'étend sur environ 500.000 ha. Il est composé de trois bras ayant un débouché direct sur la mer: le Saloum lui-même au Nord, le Diomboss au centre et le Bandiala au Sud [1].

Compte tenu de l'importance de la zone aux plans écologique et économique et des menaces auxquelles elle fait face dont l'hypersalinisation et la dégradation de la végétation de mangrove, l'estuaire du Saloum a fait l'objet de plusieurs études portant notamment sur le milieux actuel [2], [3], [4], [5], [6], [7] et [8].

Cependant, peu d'études ont été consacrées au paléo-environnement; elles ont porté sur la sédimentologie [9] et les amas coquilliers [10], [11], [12] et [13].

Cette étude, initiée en 2015, est une continuité de ces travaux par une approche paléolimnologique basée sur l'étude des diatomées sub-fossiles. Ces indicateurs biologiques ont apporté des informations utiles sur les plans paléo-environnement et paléo-climatique le long de l'estuaire de la Casamance [14], [15], [16]. Dans l'estuaire du Saloum, ces bio-indicateurs n'ont été cités que par [17] dans le Rapport de l'UNESCO sur les Sciences de la mer de 1985 avec seulement 30 espèces rencontrées dans le phytoplancton. Notre étude a permis d'obtenir des résultats intéressants [18], [19], [20] et [21]. Cet article fait une synthèse des résultats obtenus sur le plan environnemental et paléoclimatique dans l'estuaire du Saloum à partir de l'ensemble des sondages étudiés; aussi bien diatomifères que non diatomifères.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODE

Les échantillons étudiés ont été prélevés en février 2015 au cours d'une mission menée le long de l'estuaire du Saloum dans les parties amont de ses trois branches le bras principale, le Bandiala et le Diomboss. Les prélèvements ont été faits au carrotier russe. Le fond de la vase a été toujours atteint, mais à des profondeurs très variables. Un total de six sondages a été réalisé le long desquels l'étude des diatomées et détermination des faciès lithologiques ont été effectuées (figure 1).

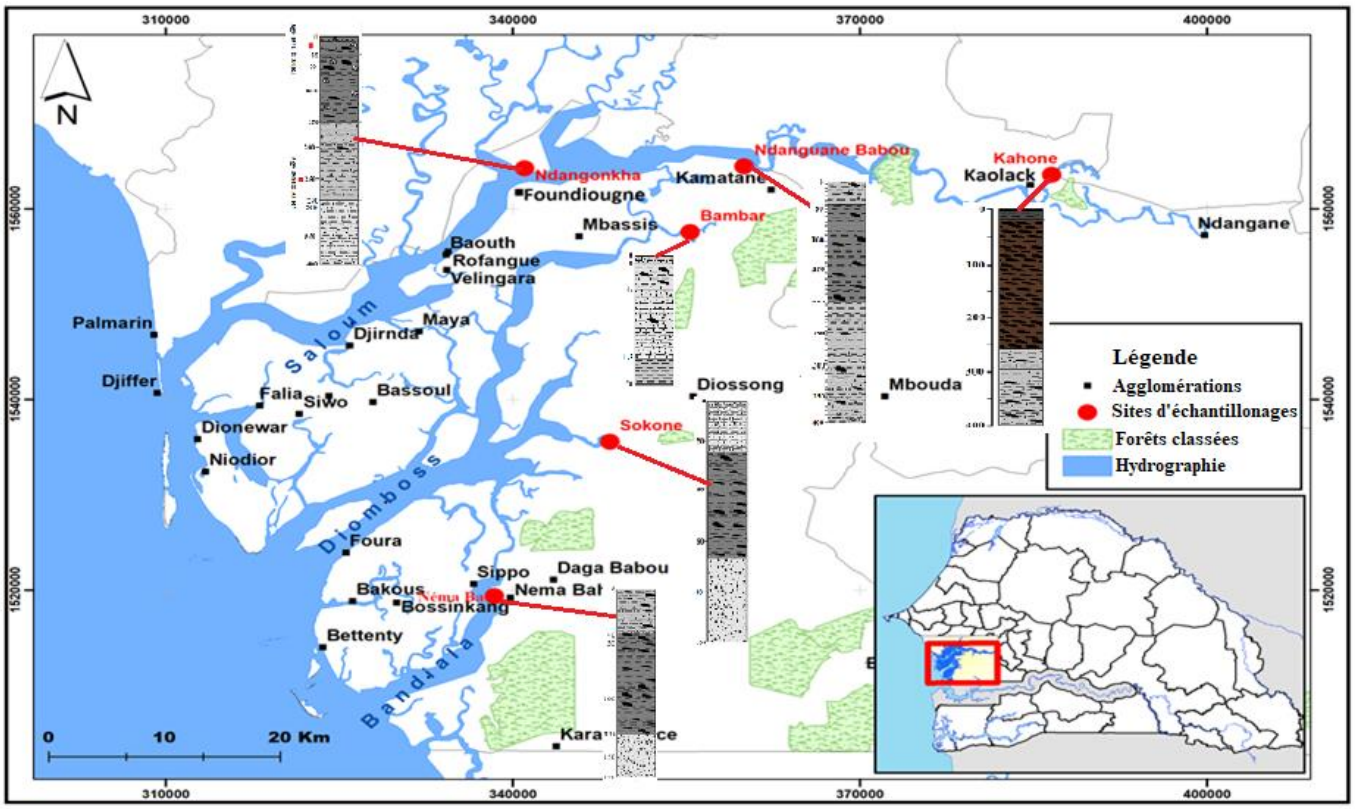


Fig. 1. Carte de localisation des sites d'échantillonnage

2.1 LE LONG DU BRAS PRINCIPAL

Trois sondages ont été réalisés: à Kahone, Ndangane Babou et Ndangonkha.

2.1.1 A KAHONE (KAOLACK)

14°08'21.90" de latitude Nord et 16°02'58.62" de longitude Ouest (figure 1), le fond de la vase a été atteint à 4m de profondeur. La carotte, constituée essentiellement de vase sableuse et de tourbe à mangrove est dépourvue de diatomées.

2.1.2 A NDANGANE BABOU (KAMATANE)

14°07'53.86"/16°17'40.08" (figure 1), le fond a été atteint à 4m de profondeur. La carotte, constituée essentiellement de vase sableuse à débris végétaux fréquents a fourni 89 espèces et variétés de diatomées appartenant à 48 genres.

2.1.3 A NDANGONKHA (FOUNDIOUGNE)

14°08'27.72"/16°28'12.52", le fond a été atteint à 4m de profondeur. La carotte, constituée essentiellement de vase sableuse avec par endroits des débris végétaux et/ou de coquilles est riche et diversifiée en diatomées avec 111 espèces et variétés appartenant à 60 genres. Sur cette carotte, deux datations ont été obtenues: entre 255 et 250cm (3860 ± 30 BP) et entre 20 et 15cm (1970 ± 30 BP) de profondeur.

2.2 LE LONG DU DIOMBOSS

Deux sondages ont été effectués: il s'agit, de l'amont vers l'aval des sondages de Bambar et Sokone.

2.2.1 LE SONDAGE DE BAMBAR (NORD DJILOR)

14°05'53.34"/16°20'23.94", le fond a été atteint à 1,70m de profondeur. La carotte, constituée de vase très riche en sable est dépourvue de diatomées.

2.2.2 LE SONDAGE DE SOKONE

13°51'42.78"/16°21'58.77", le fond de la vase a été atteint à 100cm de profondeur. La carotte, constituée de vase sableuse à sablo-argileuse est presque dépourvue de diatomées avec seulement 4 espèces rencontrées entre 50 et 30cm.

2.3 LE LONG DU BANDIALA

Un seul sondage a été effectué à **Néma Ba**: 13°44'15.30"/16°28'57.30". Le fond a été atteint à 1,70m. La carotte, constituée essentiellement de vase sableuse à débris végétaux dans sa partie supérieure est riche en diatomées avec 107 espèces et variétés appartenant à 57 genres.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les deux carottes prélevées le long du Diomboss (Bambar et Sokone) sont pratiquement dépourvues de diatomées, si bien que l'évolution portera essentiellement sur le bras nord et le Bandiala avec la carotte de Néma Ba.

Les datations que nous avons obtenues à Ndangonkha ont donné un âge compris entre 6000 ans BP (Nouakchottien) et l'Actuel à la série sédimentaire de l'estuaire du Saloum [19], confirmant ainsi les résultats avancés par les travaux antérieurs [22], [9]. La base de la série sédimentaire présente les mêmes caractéristiques : abondance des sables, pauvreté ou absence de diatomées. Les dépôts de cette zone correspondraient à ceux de l'Unité inférieure sablo-argileux de [9] datée de 6130 à 3500 ans B.P. Durant cette période, l'augmentation du taux de sable d'amont en aval confirme leur origine marine telle qu'avancé par [1].

A la fin de la transgression nouakchottienne (vers 4200 ans BP), on assiste dans la partie amont du bras principal (Kahone) au développement de la mangrove avec un dépôt de tourbe incompatible avec la conservation des valves de diatomées [23]. Ailleurs, les sables diminuent au profit des lutites et la branche nord et les branches sud subissent des influences différentes : le Nord reste sous l'influence des flux sédimentaires sahéliens et du fleuve Saloum pendant que le long des bras sud la sédimentation, notamment argileuse est sous le contrôle du débit du fleuve Gambie [20] et [24]. Cette sédimentation fine autorise le développement des diatomées. Ces dernières augmentent en nombre d'espèces et de genres de Ndangane Babou (respectivement 90 espèces et 48 genres) à Ndangonkha (respectivement 111 espèces et 60 genres) le long du bras nord mais ne présentent pas de différences significatives entre Ndangonkha

et Néma Ba sur le plan nombre d'espèces et de genres. L'absence de diatomées le long des sondages du Diomboss serait liée à la prédominance de matériel détritique (sable moyen) d'origine probablement éolienne. Un total de 150 espèces a été inventorié dans l'ensemble des carottes étudiées (tableau 1). Elles appartiennent à 70 genres. Les genres les plus représentés sont: *Nitzschia* (14 espèces), *Coscinodiscus* (8 espèces), *Diploneis* et *Petroneis* (6 espèces chacune), *Amphora, Cocconeis, Cyclotella* et *Navicula* (5 espèces chacune). Quant aux espèces dominantes, la première place de *Cyclotella striata,* très nette au Nord admet *Nitzschia granulata* comme co-dominante au Sud. L'euryhalinité reste de règle le long de toutes les branches et confirme la double influence marine/fluviatile dont le degré a varié au cours du temps et de l'espace.

Tableau 1. Liste des diatomées rencontrées dans les différents sondages étudiés

Taxons	Ndangonkha	Ndangane Babou	Néma Ba	Sokone
Achnanthes brevipes Agardh 1824	+	+	+	-
A. citronella (A.Mann) Hustedt, 1937*	+	-	+	-
A. hauckiana Grunow, 1880	-	-	+	-
Actinoptychus senarius (Ehrenberg) Ehrenberg 1843[j-k]	+	+	+	-
Actinocyclus normanii (Gregory ex Greville) Hustedt, 1957[i]	+	+	+	-
A. octonarius Ehrenberg, 1837*	+	+	+	-
Actinoptychus senarius (Ehrenberg) Ehrenberg, 1843	+	+	+	-
A. splendens (Schadbolt) Ralfs 1861	+	+	+	-
Amphora crassa Gregory 1857	+	+	+	-
A. ostrearia Brébisson 1849	-	-	+	-
A. ovalis (Kützing) Kützing 1844	+	+	+	-
A. proteus Gregory 1857	+	+	+	-
A. sp	-	-	+	-
Ardissonia crystallina (Agardh) Grunow, 1880	+	-	-	-
Asteromphalus variabilis (Greville) Rattray 1890*	+	-	-	-
Aulacoseira ambigua (Grunow) Simonsen 1979	+	+	+	-
A. distans (Ehrenberg) Simonsen 1979	+	+	-	-
A. granulata (Ehrenberg) Simonsen 1979	+	+	+	-
A. varians C. Agardh 1827	+	-	+	-
Auliscus sculptus (W. Smith) Brightwell 1860	+	+	+	-
Biddulphia aurita (Lyngbye) Brébisson 1838	+	-	-	-
B. pulchella Gray 1821	+	-	+	-
B. tuomeyi (Bailey) Roper 1859	+	-	+	-
Caloneis africana (M.H. Giffen) Stidolph 1995	+	-	+	-
C. liber (W. Smith) Cleve 1994	-	+	-	-
C linearis (Grunow) Boyer 1927	-	-	+	-
Campilodiscus clypeus Ehrenberg 1840	+	+	-	-
C. daemelianus Grunow *in* A. Schmidt 1874	-	-	+	-
Cerataulus smithii Ralfs ex Pritchard, 1861	+	+	+	-
Chaetoceros affinis Lauder, 1864*	-	+	-	-
C. amanita Cleve-Euler 1915	+	+	+	-
Cocconeis debesii var. *rufisquiana* Amossé, 1970[r]	+	+	+	-
C. diminuta Pantocsek 1902*	-	+	-	-
C. disculus (Schumann) Cleve 1895	+	-	-	-
C. placentula Ehrenberg 1838	+	+	+	-
C. scutellum Ehrenberg 1836	+	-	+	-
Coscinodiscus asteromphalus Ehrenberg 1844	+	+	+	-
C. centralis Ehrenberg, 1839	-	+	-	-
C. eccentricus Ehrenberg, 1840	+	+	+	-
C. marginatus Ehrenberg 1843[l]	+	+	+	-
C. nitidus Gregory 1857	+			

C. oculus - iridis Ehrenberg 1840	+	+	+	-
C. perforatus Ehrenberg, 1844	-	+	-	-
C. raditus Ehrenberg 1841[m]	+	+	+	-
Cosmioneis pussila (W. Smith) D.G. Mann & Stickle, 1990[s]	+	+	+	-
Craticula cuspidata (Kützing) D.G. Mann 1990	+	+	+	-
C. halophila (Grunow) D.G.Mann 1990	-	-	+	-
Cyclotella atomus Hustedt 1937	+	-	-	-
C. caspia Grunow 1878	+	-	-	-
C. meneghiniana Kützing 1844[c-d]	+	+	+	-
C. striata (Kützing) Grunow 1880[a-b]	+	+	+	+
C. stylorum Brightwell 1860	+	-	-	-
Cymatosira belgica Grunow in Van Heurck 1881	-	+	+	-
Denticula valida (Pedicino) Grunow 1882-1885	-	-	+	-
Diadesmis confervacea Kützing Kieselschal 1844	-	-	+	-
Diatoma vulgaris Bory 1824*	+	+	+	-
Dimeregramma minus (Gregory) Ralfs 1861	+	+	+	-
Diploneis bombus Ehrenberg 1853[t]	+	+	+	-
D. cabro Ehrenberg 1854	+	-	-	-
D. Chersonensis (Grunow) Cleve 1894	+	-	-	-
D. didyma Ehrenberg, 1894	+	-	+	-
D. ovalis (Hilse) Cleve 1891	+	-	+	-
D. smithii (Brébisson) Cleve, 1894	+	+	+	-
Entomoneis alata (Ehrenberg) Ehrenberg, 1845*	-	+	-	-
E. Paludosa (W.Smith) Reimer 1975*	+	+	-	-
Epithemia turgida (Ehrenberg) Kützing 1844	+	-	-	-
Eunotia bilunaris (Ehrenberg) Schaarschmidt 1881	-	-	+	-
E. curvata (Kützing) Lagerstedt 1884	+	-	+	-
E. intermedia (Krasske ex Hustedt) Nörpel & Lange-Bertalot 1993	+	-	+	-
E. pectinalis (O. Müller) Rabenhorst 1864	-	-	+	-
Eunotogramma laeve Grunow 1883	+	-	-	-
*Fallacia forcipata (*Greville) Stickle & D.G. Mann 1990	-	+	+	-
F. pygmaea (Kützing) Stickle & D.G. Mann 1990	-	-	+	-
Fragilaria hyalina (Kützing) Grunow 1862	+	-	-	-
Frustulia rhomboides (Ehrenberg) De Toni 1891	+	-	-	-
Grammatophora hamulifera Kützing 1844	+	-	-	-
G. marina (Lyngbye) Kützing 1844	+	-	-	-
G. oceanica Ehrenberg 1840	+	+	+	-
Gyrosigma balticum (Ehrenberg) Cleve 1894	+	+	+	-
Halamphora coffeaformis (Agardh) Mereschkowsky 1903	+	+	+	-
Hemidiscus weisflogii (Grunow) Kuntze 1898	+	+	+	-
Hyalodiscus scoticus (Kützing) Grunow 1879	+	+	+	-
Luticola mutica (Kützing) D.G. Mann 1990	+	-	-	-
Lyrella hennedyii (W. Smith) Sticke & Mann 1990	-	-	+	-
L. lyra (Ehrenberg) Karaeva 1978	+	-	-	-
Matyana martyii (Héribaud) Round 1990	+	+	+	+
Navicula cryptocephala Kützing 1844	+	+	-	-
N. directa (W. Smith) Brébisson 1854	-	+	+	-
N. punctulata W.Smith, 1853*	+	-	-	-
N. salinarum Grunow 1878	-	-	+	-
N. tripunctata (O. Müller) Bory 1924	-	+	+	-
Neidium affine (Ehrenberg) Pfitzer 1871	+	-	-	-

Nitzschia amphibia Grunow 1862	+	+	+	-
N. dissipata (Kützing) rabenhorst 1860	+	-	-	-
N. granulata Grunow, 1880	+	+	+	+
N. lanceola Grunow, 1880[p-q]	+	+	+	-
N. linearis (Agardh) W. Smith 1853	-	+	-	-
N. longissima (Brébisson) Ralfs 1861	-	-	+	-
N. lorenziana Grunow in Cleve & Möller 1879	+	+	+	-
N. navicularis (Brébisson) Grunow 1880	-	-	+	-
N. palea (Kützing) W. Smith 1856	-	+	+	-
N. penduriformis Gregory 1857	+	-	-	-
N. punctata (W. Smith) Grunow 1880	+	+	+	-
N. scalaris (Ehrenberg) W. Smith 1853	-	+	-	-
N. sigma (Kützing) W. Smith 1853	+	+	+	-
N. vidovichii Grunow, 1862	+	+	+	-
Opephora olsenii Möller 1950	-	-	+	-
O. swartzii (Grunow) Petit ex Pelletan 1889	+	-	+	-
Paralia sulcata (Ehrenberg) Cleve 1873[e-f]	+	+	+	-
Parlibelus delogei (Van Heurck) E.J. Cox 1988	-	-	+	-
Petroneis granulata (Bailey) D.G. Mann 1990[n-o]	+	-	-	-
P. hamulifera (Cleve) A.J. Stickle & D.G.Mann 1990	+	-	+	-
P. latissima (Gregory) A.J.Stickle & D.G.Mann, 1990*	-	+	-	-
P. marina (Ralfs) D.G. Mann in Round *et al.* 1990[u]	+	+	+	-
P. monilifera (Cleve) A.J. Stickle & D.G.Mann 1990	+	+	+	-
P. xii (Cleve) Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin 2000	+	-	-	-
Pinnularia borealis Ehrenberg 1843	-	-	+	-
P. gibba Ehrenberg 1843	-	+	-	-
P. viridis (Nitzsch) Ehrenberg 1843	+	+	+	-
Pinnunavis yarrensis (Grunow) H. Okuno 1975[v]	+	+	+	-
Placoneis placentula (Ehrenberg) Mereschkowsky 1903	+	-	-	-
Plagiogramma appendiculatum Giffen 1975	+	+	+	-
P. rhombicum Hustedt 1955	+	+	+	-
P. tenuistriatum Cleve 1881[w]	+	+	+	-
Pleurosigma elongatum W. Smith 1852*	-	+	-	-
P. intermedium W. Smith 1853	+	+	-	-
Planothidium delicatum (Kützing) Round & Bukhtiyarova 1996	+	+	+	-
Pseustaurosira brevistriata (Grunow) Williams & Round 1988	+	+	+	-
Pyxilla prolungata Brun 1893*	+	+	+	-
Rhaphoneis amphiceros (Ehrenberg) Ehrenberg 1844	-	-	+	-
R. castracanei Grunow in Van Heurck 1881	+	+	+	-
R. surirella (Ehrenberg) Grunow 1880	-	-	+	-
Rhopalodia gibberula (Ehrenberg) O. Müller 1899[x]	+	+	+	-
Seminavis ventricosa (W. Gregory) M. Garcia-Baptista, 1993	+	+	+	-
Staurosira construens Ehrenberg 1843	+	+	+	-
S. pinnata (Ehrenberg) William & Round 1987	+	+	+	-
Stephanodiscus niagarae Ehrenbeng 1845	+	-	-	-
Surirella fastuosa (Ehrenberg) Kützing 1844	+	-	-	-
S. striatula Turpin 1828	+	+	+	-
Tabelaria fasciculata (Agardh) D.M. William & Round, 1986	+	+	+	-
Terpsinoe americana (Bailey) Ralfs 1861[y]	+	+	+	+
Thalassionema nitzschioides (Grunow) Mereschkowsky 1902	+	+	+	-
Thalassiosira decipiens (Grunow) Jørgensen 1905	+	+	+	-

T. eccentrica (Ehrenberg) Cleve 1904[g]	+	+	+	-
T. oestrupii (Ostenfeld) Hasle 1972[h]	+	+	+	-
Trachyneis aspera (Ehrenberg) Cleve 1894	+	+	+	-
Triceratium favus Ehrenberg 1839	+	+	+	-
Trigonium alternans (Bailey) A.Mann 1907	+	+	+	-
Tryblionella hantzschiana Hantzsch 1860	+	+	+	-
Ulnaria ulna (Nitzsch) Compère 2001	+	+	-	-

** = Espèce citée pour la première fois en Séné-Gambie [* = species cited for the first time in Sene-Gambia]*

[a-y] = Numéro des photos de la planche 1 [[a-y] = Plate 1 photo numbers]

(+) = présent (-) = absent

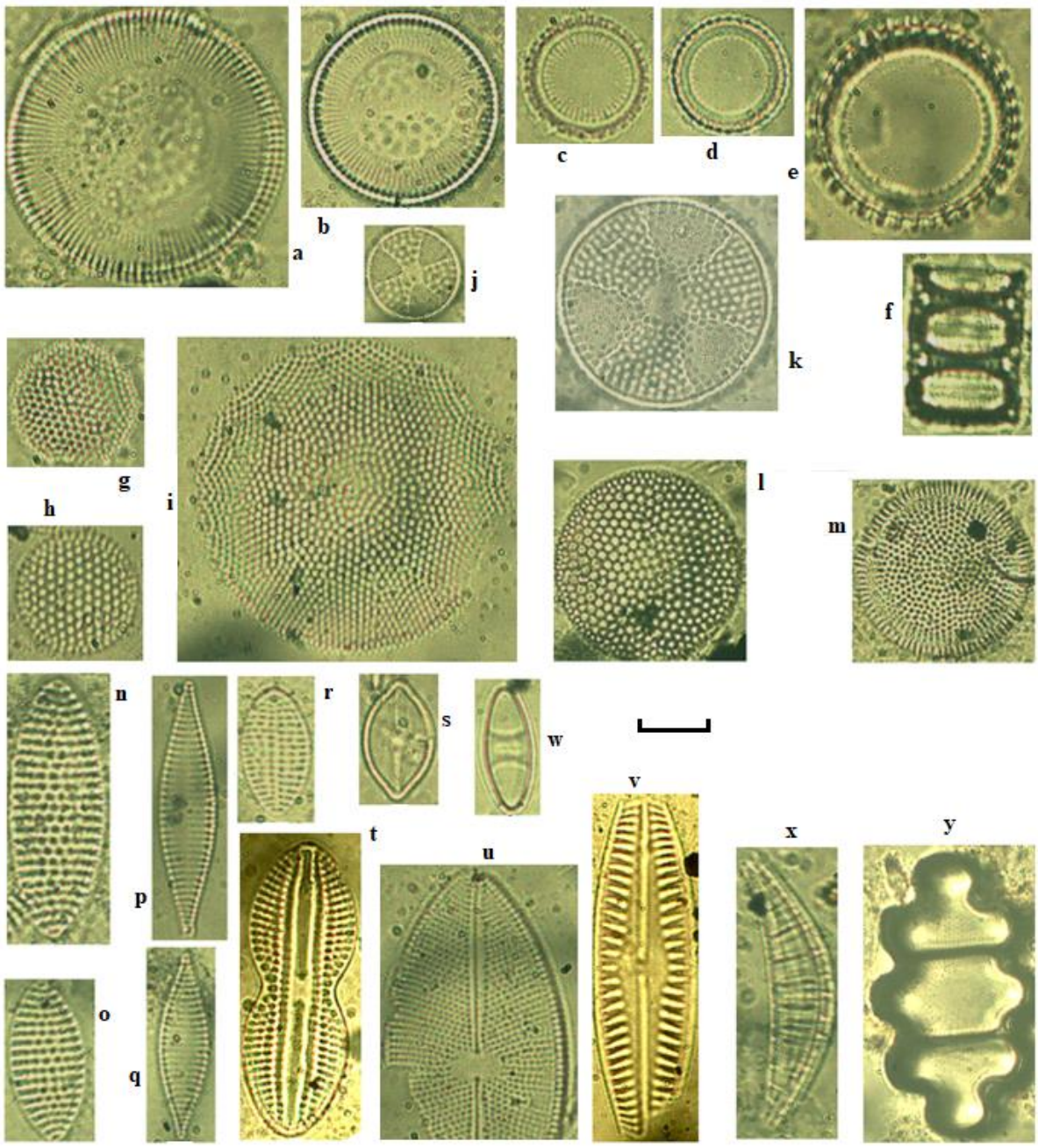


Planche 1 (Plate 1): a-b: Cyclotella striata; c-d: Cyclotella meneghiniana; e-f: Paralia sulcata; g: Thalassiosira eccentrica; h: Thalassiosira oestrupii; i: Actinocyclus normanii; j-k: Actinoptichus senariuss; l: Coscinodiscus marginatus; m: Coscinodiscus radiatus; n-o: Petroneis granulata; p-q: Nitzschia lanceolata; r: Cocconeis debesii; s: Cosmioneis pussila; t: Diploneis bombus; u: Petroneis marina; v: Pinnunavis yarrensis; w: Plagiogramma tenuistriatum; x: Rhopalodia gibberula; y: Terpsinoe americana.

Entre 3500 et 2500 ans B.P., La paléo-productivité primaire et la diversité spécifique augmentent partout avec une dominance des espèces marines-saumâtres. Ces dernières restent cependant dominées par les formes planctoniques au Nord alors qu'au Sud, ce sont les benthiques qui dominent. Ceci s'explique par une différence de profondeur d'eau des sites: ceux du Nord étant localisés sur les rives du bras principal alors qu'au Sud (Néma Ba) le prélèvement a été fait sur un petit « bolon ». Durant cette période, le Bandiala recevait des apports d'eau douce de la rivière Néma, entraînant un pourcentage des espèces d'eau douce plus élevé au Sud qu'au Nord et une augmentation du taux de sables en provenance du continent [20]. Dans cette zone sud, les apports de la rivière Néma sont à l'origine d'un phénomène inhabituel, la corrélation négative entre l'abondance absolue des diatomées et le taux de lutites.

Après 2000 ans BP, l'influence grandissante de la rivière Néma entraine une augmentation des formes oligohalobes le long du Bandiala durant une période humide datée entre 460 BP et 1090 après JC par [10]. L'absence de diatomées au sommet de la série sédimentaire (5 à 10 derniers cm) a été constaté sur toutes les carottes étudiées; elle serait consécutive d'une augmentation de l'hydrodynamisme ayant entraîné le dépôt de sédiments grossiers tel que signalé par [25].

4 CONCLUSION

L'étude des diatomées le long de 6 sondages effectués dans les parties amont des 3 branches de l'estuaire du Saloum a permis d'inventorier 150 espèces appartenant à 70 genres. Les genres les plus représentés sont *Nitzschia* (14 espèces) et *Coscinodiscus* (8 espèces). La microflore est dominée partout par *Cyclotella striata* sauf à Néma Ba où elle admet *Nitzschia granulata* comme co-dominante. Les espèces euryhalines dominent partout et confirment la double influence marine/fluviatile dont le degré a varié au cours du temps et de l'espace. Ces résultats, combinés aux données lithologiques, permettent de tirer les conclusions suivantes:

Le dépôt de la série sédimentaire de l'estuaire du Saloum a commencé au Nouakchottien. Cette période est marquée par une abondance des sables et une pauvreté ou une absence de diatomées.

A la fin de la transgression nouakchottienne le développement de la mangrove permet un dépôt, dans la partie amont du bras principal, de tourbe incompatible avec la conservation des valves de diatomées. Ailleurs, les sables diminuent au profit des lutites et autorisent le développement des diatomées.

Entre 3500 et 2500 ans B.P., La paléo-productivité primaire et la diversité spécifique augmentent partout avec une dominance des espèces marines-saumâtres. Le Bandiala recevait des apports d'eau douce de la rivière Néma, entraînant un pourcentage des espèces d'eau douce plus élevé au Sud qu'au Nord.

Après 2000 ans BP, l'influence grandissante de la rivière Néma entraine une augmentation des formes oligohalobes le long du Bandiala durant une période humide datée entre 460 BP et 1090 après JC.

La disparition des diatomées au sommet de la série sédimentaire serait consécutive d'une augmentation de l'hydrodynamisme ayant entraîné le dépôt de sédiments grossiers.

REFERENCES

[1] P.S. DIOUF, Les peuplements de poissons des milieux estuariens de l'Afrique de l'Ouest: l'exemple de l'estuaire hyperhalin du Sine-Saloum, Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II, 267 pp. + annexes, 1996.

[2] J. Ausseil-Badie and J. Monteillet, « Incidence des variations climatiques récentes enregistrées par la microfaune et la malacofaune des estuaires du Sénégal et du Saloum », *Océanographie tropicale,* 20 (2), pp. 151-160, 1985.

[3] L. Descroix, Y. Sané, M. Thior, S.P. Manga, B.D. Ba, J. Mingou, V. Mendy, S. Coly, A. Dièye, A. Badiane, M.J. Senghor, A.B. Diedhiou, D. Sow, Y. Bouaita, S. Soumaré, A. Diop, B. Faty, B.A. Sow, E. Machu, J.P. Montoroi, J. Andrieu and J.P. Vandervaere, «Inverse Estuaries in West Africa: Evidence of the Rainfall Recovery?» *Water, 12,* 647, 25 pp., 2020 https://doi.org/10.3390/w12030647.

[4] E.B. Dieye, A.T. Diaw, T. Sané, and N. Ndour, « Dynamique de la mangrove de l'estuaire du Saloum (Sénégal) entre 1972 et 2010«, *Cybergeo: European Journal of Geography* [In line], Environnement, Nature, Paysage, document 629, posted on January 09, 2013, consulted on March 01, 2016. URL: http://cybergeo.revues.org/25671; DOI: 10.4000/cybergeo.25671, 2013.

[5] E.S. DIOP, *L'écosystème mangrove: l'exemple des* « Rivières du sud», *In* UNESCO-MAB, *Écologie d'un écosystème spécifique à usages multiples: la mangrove,* (Cours de sensibilisation, 01-06 décembre 1986, Dakar, Toubacouta), Paris, rapport final, 290 p., 1986.

[6] JICA, Etude pour une gestion durable de la mangrove de la Petite Côte et du Delta du Saloum de la république du Sénégal, Plan de gestion durable de la mangrove, Rapport final, 193 pp., février 2005.

[7] J. Pagès and J. Citeau, «Rainfall and salinity of a Sahelian estuary between 1927 and 1987», *Journal of Hydrology,* 113, pp. 325–341, 1989.

[8] UNESCO, *L'estuaire et la mangrove du Sine Saloum,* Atelier régional UNESCO/KOMAR tenu à Dakar (Sénégal) du 28 février au 5 mars 1983, Rapport UNESCO sur les Sciences de la mer, 32, 140 p., 1985.

[9] J. Ausseil-Badie, J.P. Barusseau, C. Descamps, E.S. Diop, P. Giresse and M. Pazdur, «Holocene deltaic sequence in the Saloum estuary, Senegal,» *Quaternary Research,* 36, pp. 178-194, 1991.

[10] M. Azzoug, M. Carré, B.M. Chase, A. Deme, A. Lazar, C.E. Lazareth, A.J. Schauer, M. Mandeng-Yogo, M. Simier, A.T. Gaye and L. Tito de Morais, «Positive precipitation–evaporation budget from AD 460 to 1090 in the Saloum Delta (Senegal) indicated by mollusk oxygen isotopes,» Global and Planetary Change, 98–99, pp. 54-62, 2012a.

[11] M. Azzoug, M. Carré & A.J. Schauer, «Reconstructing the duration of the West African Monsoon season from growth patterns and isotopic signals of shells of Anadara senilis (Saloum Delta, Senegal)», *Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol,* 346–347, 145–152, 2012b.

[12] A. Camara, K. Hardy, E. Dioh, M. Gueye, R. Piqué, M. Carré, M. Sall, M.W. Diouf, Amas et sites coquilliers du delta du Saloum (Sénégal): Passé et présent, *L'Anthropologie* 121, pp. 204-214, 2017. https://doi.org/10.1016/j.anthro.2017.03.018

[13] M. Carré, M. Azzoug, P. Zaharias, A. Camara, R. Cheddadi, M. Chevalier, D. Fiorillo, A.T. Gaye, S. Janicot, M. Khodri, A. Lazar, C.E. Lazareth, J. Mignot, N.M. García, P. Patris, O. Perrot and M. Wade, «Modern drought conditions in western Sahel unprecedented in the past 1600 years,» *Climate Dynamics,* 52 (3), pp. 1949-1964, 2018. https://doi.org/10.1007/s00382-018-4311-3.

[14] E.H. Sow & M. Diene, « Résultats préliminaires sur les Diatomées de la Casamance (Sénégal): mise en évidence de deux périodes pluviales le long du sondage de Sédhiou«, *Diatom Research,* 17 (1), 219-234, 2002.

[15] E.H. Sow, R. Sarr & R. Malou, « Evolution de la microflore à diatomées du Nouackchottien à l'actuel le long du sondage de Ziguinchor: implications paleoenvironnementales«, *Journal des Sciences, Dakar,* 02, 75–84, 2002.

[16] E.H. Sow, R. Sarr & F. Diop-Ngom, « Les diatomées du Quaternaire récent de Diana Malari (Casamance, Sénégal): implications paléoclimatiques«, *Sécheresse,* 16, 137–142, 2005.

[17] A. Dia & J. Pages, *Le phytoplancton. In: L'estuaire et la mangrove du Sine Saloum,* Atelier régional UNESCO/KOMAR tenu à Dakar (Sénégal) du 28 février au 5 mars 1983, Rapport UNESCO sur les Sciences de la mer, 32, 71-74, 1985.

[18] A. Gueye, I. Badiane, E. Sow, and C.A.K. Fofana, « Les Diatomées sub-fossiles de l'estuaire du Saloum, Sénégal: inventaire floristique et paléo-environnement fournis par la carotte de Ndangane Babou«, *European Scientific Journal, ESJ,* 18 (33), 55, 2022. https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n33p55.

[19] A. Gueye, C.A.K. Fofana, I. Badiane, M. Carre, C.I. Youm, and E. Sow, «Sub-fossil diatoms from the Saloum Estuary, Senegal, West Africa: floristic inventory and paleo-productivity evolution along the Ndangonkha core», *Journal of African Earth Sciences,* 199C, 2023a. https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2023.104832.

[20] A. Gueye, E. Sow, C.A.K. Fofana, I. Badiane and C.I. Youm, «Subfossil diatoms from Bandiala (southern branch of the Saloum estuary, Senegal): Evidence of a wet period in the upper part of the Néma Ba core», *Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences, Section D: Environmental Sciences,* Vol. 13 (2), 345-358, 2023b. [DOI: 10.24214/jcbps.D.13.2.34558.].

[21] A. Gueye, I.S. Sow, C.I. Youm, E.H. Sow, M.F. Doumbouya & C.A.D. Fofana, «Evaluation of The Bamboung Community Marine Protected Area (Senegal) as a geosite». *International Journal of Innovation and Applied Studies,* Vol. 39 (3), 2023c.

[22] Y. Kalck, Evolution des zones de mangroves au Quaternaire récent. Etudes géologiques et géochimiques, Thèse de 3ème cycle, U.L.P. Strasbourg, 120 pp., 1978.

[23] A. Gueye, Apport des diatomées à la connaissance du paléo-environnement de l'estuaire du Saloum au cours des derniers millénaires et notions de géoparc, géoconservation et géotourisme appliquées à la Réserve de Biosphère du Delta du Saloum (RBDS), Thèse de Doctorat, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 207 pp. + 9 planches annexes, 2023.

[24] M. DIARA and J.P. BARUSSEAU, «Late Holocene evolution of the Saloum–Gambia double delta (Senegal)», *Geo-Eco-Marina,* 12, pp. 17–28, 2006.

[25] J.P. Barusseau, E.S. Diop, J. Monteillet and C.Y. Ocha, *Caractères sédimentologiques. In: L'estuaire et la mangrove du Sine –Saloum,* Atelier régional UNESCO/COMAR tenu à Dakar (Sénégal) du 28 février au 5 mars 1983, Rapport UNESC0 sur les Sciences de la Mer, 32, pp. 28-44, 1985.

International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 39 No. 4 Jun. 2023, pp. 1783-1793
© 2023 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Vers une solution web 3D de visualisation et de simulation des inondations urbaines: Cas des villes métropolitaines du Cameroun

[Towards a 3D web tool for visualization and simulation of urban flooding: The case of metropolitan cities in Cameroon]

Nelson Mafai Maguelva[1], Hakdaoui Mustapha[2], and Frédéric Hubert[3]

[1]National Committee for Development of Technologies (NCDT), Ministry of Scientific Research and Innovation, Yaoundé, P.O. Box: 1457, Cameroon

[2]Department of Geology, Laboratory of Applied Geology, Geomatics and Environment, Faculty of Sciences Ben M'Sik, Hassan II University, Casablanca, Morocco

[3]D Frédéric Hubert, Geomatic Research Centre, University of Laval, Québec City, Canada

Copyright © 2023 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: Today, 3D geo visualization of flood data is perceived as a more realistic and detailed solution for making decisions regarding flood mitigation and adaptation measures. In this paper, after a multi-criteria comparative study of four virtual globes used in the visualization of geospatial flood data, it is found that CesiumJS stands out the most from the other solutions, with a score close to 100% on all criteria grouped in four categories (visualization, interaction, quality of support and experiences). Using CesiumJS and other libraries, we proposed a 3D web solution to dynamically simulate and visualize floods in urban areas of Cameroon. The main objective of this tool is to strongly involve water experts, policymakers and the general public in flood management. With-out considering a precise 3D city model, this tool, however, represents a good compromise be-tween the quality of flood management and the cost of better Flood Management by an expert.

KEYWORDS: Web 3D, 3D Geo visualization; CesiumJS; 3DTiles; Geospatial Data; 3D City Model; Urban Flooding in Cameroon.

RESUME: Aujourd'hui, la géovisualisation 3D des données d'inondations est perçue comme une solution plus réaliste et détaillée pour prendre des décisions concernant les mesures d'adaptation et d'atténuation des effets d'inondation. Dans ce papier, après avoir fait une étude comparative multicritère de quatre globe virtuel utilisés dans la visualisation des données géospatiales des inondations, il en ressort que CesiumJS se distingue le plus des autres solutions, avec un score proche de 100 % sur l'ensemble des critères regroupés en quatre catégories (Visualisation, Interaction, Qualité du support et Expériences). En utilisant CesiumJS et d'autres librairies, nous avons proposé une solution web 3D pour simuler et visualiser dynamiquement les inondations dans les zones urbaines du Cameroun. L'objectif principal de cet outil est d'impliquer fortement les experts de l'eau, les décideurs et le grand public dans la gestion des inondations. Ne prenant pas en compte un modèle de ville 3D précis, cet outil représente toutefois un bon compromis entre la qualité de gestion d'inondation et le coût d'une meilleure gestion d'inondation par un expert.

MOTS-CLEFS: Web3D, Géovisualisation 3D, CesiumJS, Données Géospatiales, Modèle de ville 3D, Inondations urbaines au Cameroun.

Corresponding Author: Nelson Mafai Maguelva

1 INTRODUCTION

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a conclu que les zones côtières à faible altitude sont plus vulnérables aux effets de l'élévation du niveau de la mer et des tempêtes dues au changement climatique [1]. Par la suite, une étude récente publiée dans la revue Nature signale que le niveau de la mer pourrait augmenter plus rapidement que prévu au cours des prochaines décennies [2].

Les inondations sont, de toutes les catastrophes naturelles qui frappent le monde chaque année, les plus fréquentes, les plus dommageables et les plus mortelles [3]. Elles sont la source de près de la moitié des décès occasionnés par les catastrophes naturelles au cours des 50 dernières années, et sont responsables de près du tiers des pertes économiques au niveau mondial [4]. Les risques sont donc énormes et très alarmants car les inondations causent des dommages infrastructurels et des pertes en vie humaines. Ainsi il y a une nécessite d'atténuation et d'adaptation face au changement climatique.

Le Cameroun en fait partie des pays confrontés à de graves inondations. Certaines zones sont en dessous du niveau de la mer et une population importante y vive là-bas. L'une des inondations la plus récente est celle de Buea du 18 Mars 2023. De plus, certaines villes urbaines basses ne sont pas en reste épargnées. Les inondations de la ville de douala, la poste centrale de Yaoundé. Sans oublier les populations résidant dans la zone d'influence des fleuves Logone et de la Bénoué sont aussi sous la forte emprise des inondations. D'après le CRED (Center for Research on the Epidemiology of Disasters) en 2016, le Cameroun a enregistré de fréquentes inondations qui ont affecté 367 276 personnes entre 2007 et 2015, faisant ainsi des inondations, les catastrophes les plus fréquentes dans le pays.

Aujourd'hui, il y a eu un besoin croissant de développer des outils qui répondent aux problématiques liées à la gestion et à l'atténuation des catastrophes [5]. De telles applications transmettent rapidement les messages claires et forts, condensent les informations complexes, et motivent les actions personnelles, communautaires et gouvernementales [6].

Cet article, fourni une toute première tentative de développement d'un outil web 3D de visualisation et de simulation des inondations, spécialement dans trois zones urbaines du Cameroun frappées par les inondations Yaoundé, Douala et Garoua. Afin que des stratégies efficaces puissent être développées pour améliorer la résilience et atténuer des effets des inondations, cet outil visualise et simule les inondations en 3D en utilisant le terrain 3D de Cesium, les bâtiments 2D d'Open Street Map, qui ont été convertit en 3D sur le format 3DTiles (une spécification ouverte pour le streaming d'ensembles de données géospatiales 3D hétérogènes massifs).

Le reste du papier est organisé comme suit: la Section 2 effectue un inventaire des solutions open sources et/ou gratuites de visualisation et/ou de simulation cartographique d'inondations sur le web. La Section 3 réalise une étude expérimentale et comparative de quatre technologies de type globe virtuel afin de choisir la technologie la plus appropriées pour la visualisation et la simulation des inondations. La Section 4 présente le prototype logiciel pour visualiser dynamiquement les inondations en 3D dans trois régions urbaines Camerounaises: Yaoundé, Douala et Garoua. Cet article fini avec une conclusion et les travaux futures.

2 REVUE ET ÉVALUATION DES SOLUTIONS WEB DE VISUALISATION CARTOGRAPHIQUE DES INONDATIONS

Les inondations représentent un risque susceptible de s'aggraver à l'avenir en raison du changement climatique. Il est donc essentiel que les décideurs et les experts du domaine ont les outils pour évaluer les effets des inondations. C'est pourquoi il y a eu pléthore de développement de solutions bureautiques/web, 2D/3D, propriétaires/open source/gratuites de visualisation cartographique des inondations. Ce papier se concentre sur les solutions web de représentation cartographique des inondations.

Les solutions de visualisation cartographiques d'inondations sur le web sont des applications qui exploitent les navigateurs web pour visualiser et analyser les données géospatiales d'inondations. Ce type d'application est devenu très populaire et est de plus le moyen de déployer des applications dans la communauté géospatiale. Nous avons recensé vingt-sept (27) applications web qui permettent de visualiser cartographiquement en 2D ou en 3D les données propres aux inondations. Ces applications web sont plus pour la plupart offertes gratuitement en accès à toutes personnes dotées d'un réseau Internet et d'un navigateur web. Nous ne prétendons donc pas être exhaustif ici dans la présentation et la description de ces solutions. Nous réalisons une évaluation rapide de ces solutions afin d'identifier les incontournables technologies et fonctionnalités pour l'élaboration de notre prototype de solution de visualisation 3D d'inondation. Le Tableau 1, liste les solutions web 2D ou 3D dédiées aux inondations et détermine la technologie web utilisées en arrière dans chaque solution recensée. Cette technologie, regroupe l'ensemble des technologies informatiques qui seront utilisées pour la mise en œuvre d'outil d'affichage des données

cartographiques liées aux inondations. Au total trois (03) critères d'évaluation ont été définis: critère API côté client, langage de programmation et format d'échange des données.

Au niveau des APIs clientes identifiées, ArcGIS est la solution propriétaire la plus utilisée. CesiumJS, Itowns, OpenLayers, Leaflet, et Three.js sont quant à eux les outils open source qui reviennent le plus. Pour les formats d'échange, nous avons recensé principalement, le format propriétaire Shapefile, des données vectorielles au format KML, ainsi que des données d'imagerie au format GeoTiff. Pour les formats d'échange 3D, outre KML, nous avons aussi identifié des solutions qui traitent des données aux formats CityGML, CityJSON, DXF et Collada. En ce qui concerne les langages de programmation, ceux que nous avons le plus identifié concerne les technologies de développement web avec HTML5, CSS et Javascript.

Tableau 1. Récapitulatif des solutions web 2D ou 3D dédiées aux inondations

Solution web dédiée aux inondations	Vue	API clientes	Citation
1. La carte interactive des zones inondables au Québec	2D	ArcGIS	[7]
2. IGO2-Geo-inondations	2D	ArcGIS	[8]
3. Surveillance de la crue	2D	ArcGIS	[9]
4. scénarios de crues	2D	MapBox	[10]
5. UNOSAT flood portal	2D	ArcGIS	[11]
6. Sea Level Rise Viewer	2D	ArcGIS	[12]
7. NJFloodMapper	2D	ArcGIS	[13]
8. Flood Maps	2D	Google	[14]
9. Surging Seas: Risk Zone Map	2D	Mapbox /Turf.js	[15]
10. EFAS	2D	Leaflet	[16]
11. Flood Map	2D	Mapbox	[17]
12. Iowa Flood Information System (IFIS)	2D	Google	[18]
13. Spatial Flood Early Warning System	2D	OpenLayers	[19], [20]
14. National Flood Vulnerability Assessment System	2D	OpenLayers	[19], [21]
15. Lakes Entrance Visualisation	2D	Adobe Flash	[22], [23]
16. Inundated	2D	Leaflet /Shiny	[24]
17. IDDSS	3D	CesiumJS	[25]
18. Simplified Millbrook visualisation	3D	3D three.js	[26]
19. FEMA (Federal Emergency Management Agency)	3D	Adobe Flash	[27]
20. Urban Geo Big Data	3D	CesiumJS / WebWorldWind	[28]
21. Inondation de la ville de Lyon	3D	Itowns	[29]
22. E-nundation	2D	ArcGIS	[30]
23. Pin2Flood	2D	ArcGIS	[31]
24. StormTools	2D	ArcGIS	[32]
25. Dynamic 3d visualization of floods	3D	CesiumJS	[5]
26. Web 3D GIS application	3D	CesiumJS	[33]
27. Sea level	3D	Itowns	[34]

Ces applications web offrent des fonctionnalités (zoom avant/arrière, panorama et la recherche de lieux,...) avec une possibilité d'ajouter, d'interroger et de visualiser les données (vectoriel et/ou matriciel) et aussi d'accéder aux métadonnées. Elles sont pour la plupart faciles à utiliser et affichent au départ, une cartographie des inondations en 2D. Elles ajoutent de la 3D pour plus de réalisme et de détail et aide à mieux comprendre la gravité de l'inondation.

Finalement, au regard de toutes les solutions analysées ici, nous considérons qu'il y a place à une amélioration pour visualiser cartographiquement les inondations, notamment en ce qui concerne la visualisation et la cartographie 3D. Ainsi, dans la Section suivante, afin de choisir la solution technologique la plus appropriée pour le développement de notre prototype logiciel, nous réaliserons une étude comparative des technologies de type globe virtuel, utilisées dans la visualisation 3D des inondations (CesiumJS, Itowns, WebWorldWind et Google Earth).

3 ÉTUDE EXPÉRIMENTALE ET COMPARATIVE DES SOLUTIONS 3D DE TYPE GLOBE VIRTUEL

Cette Section traite d'une étude expérimentale et comparative des technologies clientes de type globe virtuel. Les trois premières sont open source et gratuites (CesiumJS, Itowns, WebWorldWind) et la quatrième (Google Earth) est uniquement gratuite. Ces technologies ont été jugées pertinentes pour notre travail, non seulement à cause de leur utilisation dans la majorité des solutions web 3D liées directement aux inondations inventoriées précédemment, mais aussi qu'elles sont 3D open source et/ou gratuites.

Ainsi, nous allons tout d'abord expliquer le dispositif des tests en présentant les critères et la méthode d'évaluations. Ensuite, nous présenterons les résultats des évaluations pour chaque technologie. Enfin, nous réalisons une synthèse, en mettant en avant les points forts et les points faibles de chaque globe virtuel.

3.1 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL ET D'ÉVALUATION

- **Choix des critères d'évaluations**

Au total, 30 critères d'évaluation ont été regroupés en quatre (4) catégories, soit l'interaction, la visualisation, la qualité du support et des critères d'expérimentation d'installation et d'usage. Nous ne rentrerons pas dans la description de ces critères.

Tableau 2. Critères d'évaluation des solutions expérimentées

Interaction	**Visualisation**
-Zoom avant /arrière -Rotation de la carte -Pan (survol) de la carte -Retour à la vue par défaut -Guidage et aide -Localisateur de lieu -Calcul de distance -Calcul de surface -Calcul d'hauteur -Gestion des couches -Edition des données vectorielles -Export KML -Export GeoJSON -Interroger les données	-Afficher le fond de carte Bing -Afficher le fond de carte OSM -Afficher le fond de carte Google -Afficher le fond de carte ESRI -Visualiser les données GeoJSON -Visualiser les données KML -Visualiser les données KMZ -Visualiser les tuiles 3D -Visualiser les données Collada
Qualité du support	**Installation/Usage**
-Exemples -Tutoriaux -Documentation	-Rapidité d'exécution -Facilité d'utilisation -Difficulté d'installation -Complexité d'usage de l'API

- **Méthode d'évaluation**

Pour l'évaluation des globes virtuels, chaque critère a reçu un symbole selon ses capacités dans la solution, comme suit: (++) lorsque le critère est totalement présent dans la solution. (+) lorsque le critère est partiellement présent dans la solution. (-) lorsque le critère est absent ou ne fonctionne pas avec les données tests. Les évaluations expérimentales pratiques ont été réalisées sur l'ordinateur Lenovo ThinkPad de carte graphique Nvidia Quadro M500M.

3.2 RÉSULTATS DÉTAILLÉS DES ÉVALUATIONS

Cette section présente les résultats détaillés des évaluations pour toutes les solutions de type globe virtuel étudiées ici.

- **WorldWind**

WorldWind (https://worldwind.arc.nasa.gov/web/) est un globe virtuel gratuit et open source écrit en JavaScript et qui permet de créer rapidement des visualisations interactives d'informations géographiques sur un globe 3D ou une carte 2D. Les résultats des expérimentations et des tests semblent montrer une faiblesse de cette solution dans l'interaction et la visualisation (cf. Tableau 3). Il ne faut donc pas considérer que la solution est médiocre mais que sa réponse à nos présentes attentes n'est pas convenable.

- **Itowns**

iTowns (http://www.itowns-project.org) est un framework open source écrit en Javascript et utiliser pour la visualisation de données géospatiales 3D. La technologie est basée sur three.js (https://threejs.org/) et dispose selon les tests réalisés, de la grande majorité des critères que nous cherchions à tester. Néanmoins il semble que sa qualité du support montre de petite faiblesse (cf. Tableau 3).

- **CesiumJS**

CesiumJS (https://cesium.com/cesiumjs/) est une bibliothèque open-source pour créer des applications géospatiales 3D visualisables dans un navigateur Web sans utiliser de plugin. Tout au long de ces expérimentations, nous avons pu voir que CesiumJS, permet d'aller bien au-delà des critères que nous avons choisis d'évaluer. Ainsi, l'évaluation globale est excellente: toutes les fonctionnalités sont présentes et rendent les résultats attendus (cf. Tableau 3).

- **Google Earth**

Google Earth (https://www.google.com/earth/) est une solution de type globe virtuel qui permet une représentation 3D de la terre basée principalement sur des images satellitaires. Des évaluations réalisées, Google Earth possède des fonctionnalités qui incluent en quasi-totalité celles que nous cherchions à tester. L'évaluation globale est donc bonne. Néanmoins les tests semblent montrer une faiblesse dans la visualisation par exemple elle ne supporte pas le tuilage 3D (cf. Tableau 3).

3.3 SYNTHÈSE DE L'ÉVALUATION DES OUTILS EXPÉRIMENTÉS

Le Tableau 3, nous donne une comparaison parallèle entre les solutions étudiées. Les évaluations du Tableau 3 représentées par les symboles ont été converties en notes allant de 0 à 5. La note 0 ou 1 correspond au symbole (-), la note 2 ou 3 correspond au symbole (+) et la note 4 ou 5 correspond au symbole (++).

Comme on peut le voir, pour l'interaction on se rend compte que Google Earth et CesiumJS sont les solutions les plus performantes dans l'ensemble. Même comme certaines fonctionnalités interactives ne sont pas offertes comme l'export au format GeoJson. En revanche, Itowns et Word Wind sont pénalisées à cause du manque de fonctionnalités comme le guidage, le retour à la vue par défaut et l'export au format KMZ/KML. Concernant la visualisation celles qui sont pour le mieux sont Itowns et CesiumJS comparativement aux deux autres qui ont certaines faiblesses comme l'absence de certains fonds de carte et la non prise en compte du tuillage 3D qui est important dans le domaine de la géovisualisation 3D avec l'arrivée de grand volume de données. En ce qui concerne la qualité du support, Itowns semble présenter une limitation au niveau de l'absence des tutoriaux en ligne comparativement aux autres solutions. Sur la base des expériences réalisées au travers des installations et l'usage de ces technologies, CesiumJS remplit les critères nécessaires alors que WorldWind et Itowns présentent certaines limites liées à la rapidité d'exécution et/ou à la facilité d'installation. Google Earth a une limitation technique car elle n'est pas open source.

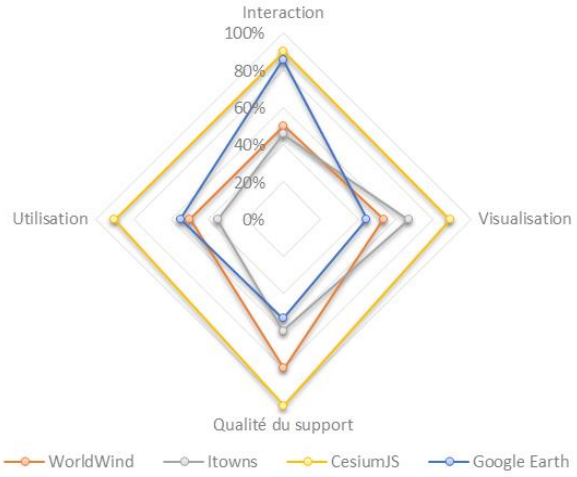


Fig. 1. Synthèse graphique d'évaluation des globes virtuels

Tableau 3. Synthèse d'évaluation des globes virtuels

Catégorie	Fonctionnalités	World Wind	Itowns	Cesium JS	Google Earth
Interaction	Zoom avant /arrière	++	++	++	++
	Rotation de la carte	++	++	++	++
	Pan (survol) de la carte	++	++	++	++
	Retour à la vue par défaut	-	-	++	-
	Guidage et aide	-	-	++	++
	Localisateur de lieu	+	+	++	++
	Calcul de distance	+	+	++	++
	Calcul de surface	+	+	++	++
	Calcul d'hauteur	-	+	++	++
	Gestion des couches	+	++	+	++
	Edition des données vectorielles	+	+	++	++
	Export KML	-	-	++	++
	Export GeoJSON	++	-	-	-
	Interroger les données	++	++	++	++
Visualisation	Afficher le fond de carte Bing	++	++	++	-
	Afficher le fond de carte OSM	++	++	++	-
	Afficher le fond de carte Google	-	++	+	++
	Afficher le fond de carte ESRI	-	++	++	-
	Visualiser les données GeoJSON	++	++	++	-
	Visualiser les données KML (3D)	+	+	++	++
	Visualiser les données KMZ (3D)	+	+	++	++
	Visualiser les tuiles 3D	-	+	++	-
	Visualiser les données Collada	++	++	-	++
Qualité support	Exemples	+	+	++	+
	Tutoriaux	+	-	++	+
	Documentation	++	++	++	++
Installation / usage	Rapidité d'exécution	-	-	++	+
	Facilité d'utilisation	+	-	++	++
	Facilité d'installation	+	+	+	++
	Complexité d'usage de l'API	++	+	++	-

En définitive, d'après cette comparaison, CesiumJS est la solution qui se distingue le plus et satisfait donc l'ensemble des critères, suivi de Google Earth puis Itowns. Ainsi CesiumJS en plus d'être 3D, elle est open source et gratuite. C'est ce qui justifie le choix de cette technologie dans la suite de ce papier.

4 Implémentation Et Discussion

4.1 Zone D'étude Et Jeux De Données

Dans cette recherche, nous proposons une toute première tentative d'application web 3D de visualisation et de simulation des inondations dans trois régions urbaines Camerounaises: Yaoundé, Douala et Garoua afin d'impliquer les décideurs et les parties prenantes à atténuer et s'adapter au changement climatique et prendre des décisions éclairées.

Pour l'implémentation, nous avons utilisé la technologie CesiumJS pour visualiser cartographiquement les inondations. Ce choix est justifié pour les raisons de sa gratuité open source et sa distinction dans l'étude comparative précédente. La donnée des habitations au format GeoJson provient d'Open Street Map et a été convertit au format 3DTiles (une spécification ouverte pour le streaming d'ensembles de données géospatiales 3D hétérogènes massifs) afin de permettre une visualisation 3D. Les détails de l'implémentation de notre Framework sont expliqués a là section suivante.

4.2 Framework Proposé

La figure 2 illustre notre Framework proposé pour la visualisation des inondations à l'aide de CésiumJS et d'autres librairies. Nous sommes partis d'une donnée au format 2D GeoJson a une donnée au format 3Dtiles en utilisant une version d'essai de l'ETL spatial (Extraction, Transformation, Load), FME (Feature Manipulation Engine) qui s'appuie sur plusieurs modules dont FME Workbench, qui nous intéresse ici et permet d'enchaîner des traitements au moyen d'outils nommés 'Transformers' et 'Writers'. Ces outils ont permis d'abord à générer des altitudes aléatoires de tous les bâtiments du fichier GeoJSON, par la suite a permis de faire une extrusion de tous les bâtiments et pour finir à créer une tuile 3D. Ces données ont été exportées pour visualisation sur Césium.

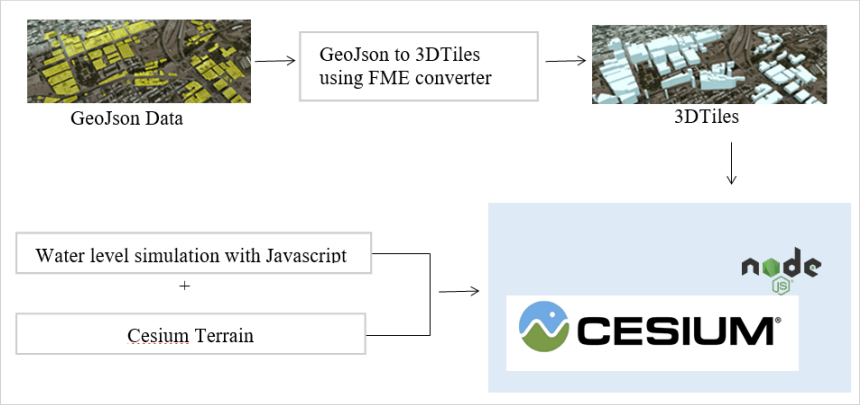


Fig. 2. Architecture globale du prototype proposé

La simulation du niveau de l'eau dans chacune des trois régions a été réalisé à l'aide d'un code JavaScript qui peut être utiles dans la planification urbaine d'une nouvelle ville. Le déroulement de l'algorithme est le suivant: pour chaque région le plus petit polygone délimitant la zone a été créé, ensuite ce polygone a été superposé sur le terrain de césium qui est très précise, et enfin différentes hauteurs lui a été attribué dynamiquement, cette façon de faire a permis de simuler ainsi le niveau d'eau dans nos trois (03) zones d'études.

L'interface de visualisation a été implémentée avec CesiumJS utilisant le HTML5, le JavaScript et le CSS. La bibliothèque NodeJS a permis d'héberger localement notre solution afin que cette dernière soit accessible sur les navigateurs web modernes comme Mozilla Firefox, Google Chrome et Microsoft Edge etc...

4.3 RÉSULTAT DE L'IMPLÉMENTATION

Les figures 3, 4 et 5 montrent successivement les extraits d'une inondation fournit par le prototype logiciel proposé dans trois différentes régions camerounaises (Yaoundé, Douala et Garoua). Cette solution permet de simuler les inondations et visualiser leurs effets en 3D afin de sensibiliser et motiver le public dans la lutte contre les inondations.

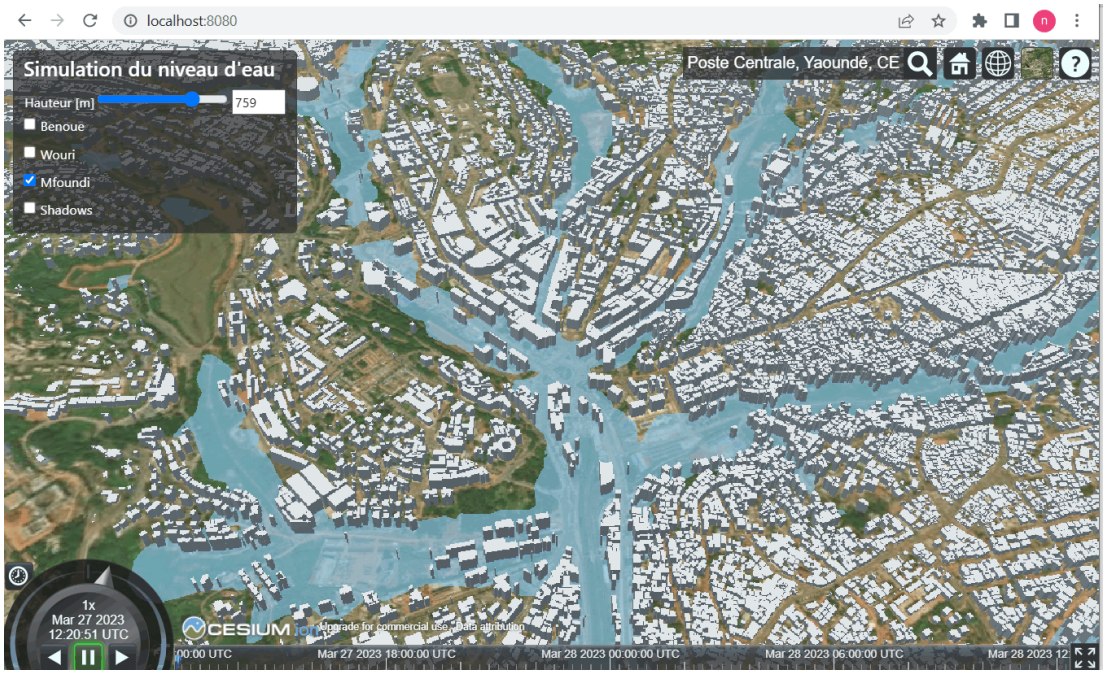


Fig. 3. Simulation et Visualisation d'une inondation à la poste centrale de Yaoundé

Fig. 4. Simulation et Visualisation d'une inondation à Douala

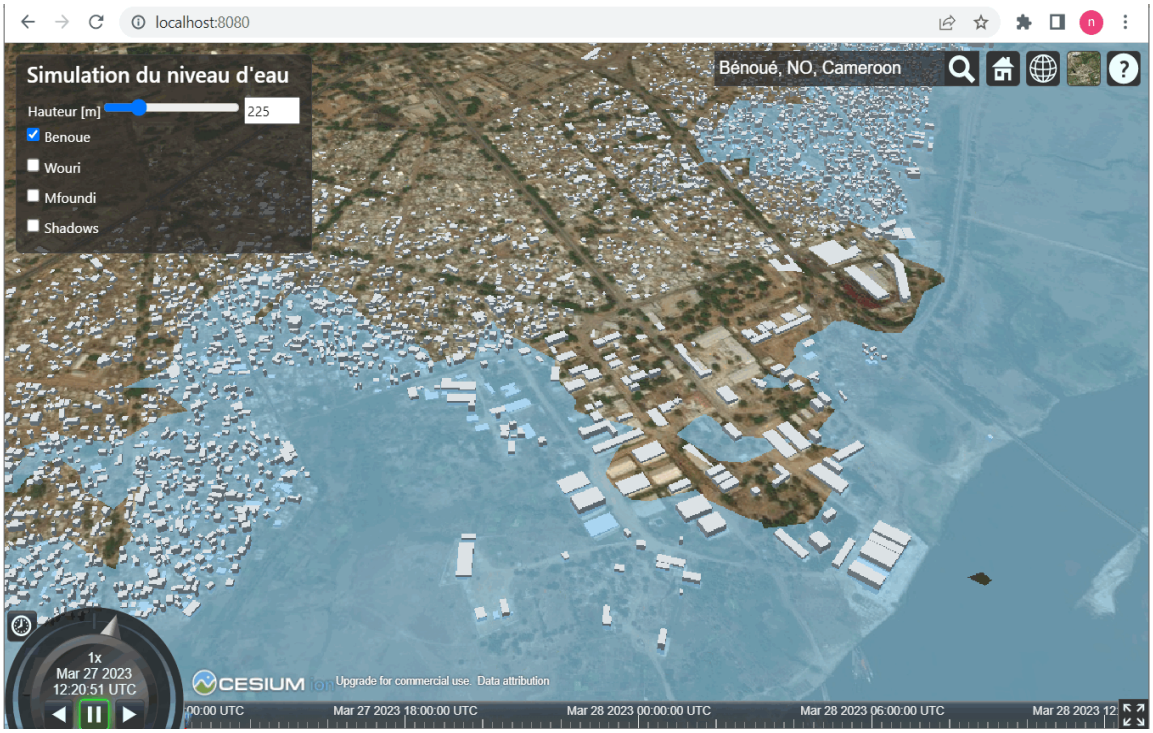


Fig. 5. Simulation et Visualisation d'une inondation à Garoua

Bien que ce travail fourni une toute première tentative de développement d'un outil web 3D de visualisation et de simulation des inondations, spécialement dans trois zones urbaines du Cameroun. Les objectifs sont atteints car nous avons pu visualiser trois régions du Cameroun en 3D et simuler dynamiquement la montée des eaux dans ces régions. Comparativement aux travaux [35], [36], [37] et [38] préliminaires et similaires de visualisation 3D des inondations qui utilisent une petite échelle de visualisation, le présent travail apporte une énorme valeur ajoutée dans l'affichage des données, les données massives 3D sur le web. Toutefois Il y a place à des améliorations futures.

5 CONCLUSION

Cet article a introduit un nouvel outil de visualisation et de simulation Web 3D des inondations pour les régions urbaines du Cameroun. L'outil a été développé en utilisant CesiumJS, d'autres packages tels que FME, NodeJS et la donnée 3Dtiles. Cette interface conviviale permet à des experts de l'eau et les décideurs d'évaluer la gravité de la situation des inondations et de prendre des décisions éclairées. Cet outil Web offre un bon compromis entre la qualité de la gestion des inondations et le coût requis par des experts pour une meilleure gestion des inondations. Cependant, en plus de la non prise en charge dans la visualisation d'un modèle précis 3D et autres caractéristiques de la ville, plusieurs fonctionnalités interactives doivent être implémentées au niveau de l'interface telles que l'ajout d'un support d'analyse spatiale 3D pour par exemple changer la couleur des bâtiments ou des routes en fonction du niveau d'eau qui les submerge, afficher les informations relatives à chaque bâtiments ou routes inondés, visualiser des données historiques sur les inondations sous forme de tableaux de bord, intégrer les sorties des logiciels de simulation des inondations comme TUFLOW, Flood Modeller, MIKE FLOOD, TELEMAC et OpenFoam dans notre prototype logiciel.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient la communauté Cesium et FME d'avoir fourni les logiciels CesiumJS et FME.

REFERENCES

[1] Nicholls, R.J., Wong, P.P., Burkett, V.R., Codignotto, J.O., Hay, J.E., McLean, R.F., SR and CDW. (2007). Coastal systems and low-lying areas. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge, UK.

[2] Deconto, R.M. and Pollard, D. (2016). Contribution of Antarctica to past and future sea-level rise. *Nature,* 531, pp. 591–597, 2016. doi: 10.1038/nature17145. http://dx.doi.org/10.1038/nature17145.

[3] Pulvirenti, L., Pierdicca, N., Chini, M., Guerriero, L., (2011). An algorithm for operational flood mapping from Synthetic Aperture Radar (SAR) data using fuzzy logic. Natural Hazards and Earth System Science, 11 (2): 529-540.

[4] James, B. (2008). La prévention des catastrophes: le rôle de l'UNESCO. Organisation des Nations Unies pour l'Éducation, la Science et la culture, Paris. 49 pages.

[5] Singh, H., and Garg, R. D. (2016). Web 3D GIS application for flood simulation and querying through open source technology. Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 44 (4), 485-494.

[6] Sheppard, S.R.J. (2005). Landscape visualisation and climate change: the potential for influencing perceptions and behaviour. *Environmental Science&Policy,* 8, pp. 637–654.

[7] Ministère de la Sécurité Publique, Gouvernement du Québec. La carte interactive des zones inondables au Québec. Available at https://www.cehq.gouv.qc.ca/zones-inond/carte-esri/index.html (accessed 28 March, 2023).

[8] Infrastructure géomatique ouverte (IGO). (2017). IGO2-Geo-inondations. Available at https://geoinondations.gouv.qc.ca/ (accessed 28 March, 2023).

[9] Ministère de la Sécurité Publique, MSP. (2016). Carte géoréférencée sur la surveillance de la crue des eaux. Available at https://geoegl.msp.gouv.qc.ca/adnv2/carte.php (accessed 28 March, 2023).

[10] Scénarios de crues dans la région parisienne en France.
Available at https://www.bfmtv.com/static/nxt-bfmtv/evenement/paris/scenario-crues/index.htm (accessed 15 March, 2020).

[11] UNOSAT flood portal. Available at http://floods.unosat.org. (accessed 28 March, 2020).

[12] NOAA Coastal Services Center. (2007). Sea Level Rise Viewer. Available at https://coast.noaa.gov/slr/ (accessed 18 March, 2023).

[13] NOAA. NJFloodMapper. Available at https://www.njfloodmapper.org. (accessed 18 March, 2023).

[14] Tingle, A. NASA Data. Flood Maps. Available at http://flood.firetree.net/ (accessed 18 March, 2023).

[15] Climate Central. Surging Seas: Risk Zone Map. Available at https://ss2.climatecentral.org/ (accessed 18 March, 2023).

[16] Copernicus Emergency Management Service (CEMS). European Flood Awareness System.
Available at https://www.efas.eu/efas_frontend/#/home (accessed 18 March, 2023).

[17] Chenna et Cuddalore (2015). Flood Map. Available at http://osm-in.github.io/flood-map/ (accessed 18 March, 2023).

[18] Iowa Flood Center. Iowa Flood Information System (IFIS). Available at http://ifis.iowawis.org (accessed 18 March, 2023).

[19] Sharma, Vinod Kumar, Nitin Mishra, C. M. Bhatt, G. Srinivasa Rao, and V. Bhanumurthy. (2018). An Open Source Framework for Publishing Flood Inundation Extent Libraries in a Web GIS Environment Using Open Source Technologies. International Journal of Cartography 4 (1): 65–77.

[20] Gouvernement Indien (2018). Spatial Flood Early Warning System. Available at https://bhuvan-app1.nrsc.gov.in/nfews/# (accessed 18 March, 2023).

[21] Gouvernement Indien, Sharma et al (2018). National Flood Vulnerability Assessment System. Available at https://bhuvan-app1.nrsc.gov.in/nfvas/# (accessed 18 March, 2023).

[22] Monash University. Australia (2008). Lakes Entrance Flood-Risk Visualisation.
Available at http://sahultime.monash.edu.au/LakesEntrance/ (accessed 16 March, 2020).

[23] Wheeler, P.J., Coller, M.L.F., Kunapo, J., Peterson, J.A. and McMahon, M. (2008) 'Facilitating coastal zone inundation awareness using GIS-based scenario modelling and multimedia visualisation'. Spatial Sciences Institute Queensland Spatial Conference, 17-19 July 2008, Gold Coast.

[24] Robertson, C., Chaudhuri, C., Hojati, M., and Roberts, S. A. (2020). An integrated environmental analytics system (IDEAS) based on a DGGS. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 162, 214-228. Université Wilfried Laurier, Available at https://spatial.wlu.ca/inundated/ (accessed 16 March, 2023).

[25] Rajabifard, Abbas, Russell G. Thompson, and Yiqun Chen. (2015). «An Intelligent Disaster Decision Support System for Increasing the Sustainability of Transport Networks: An Intelligent Disaster Decision Support System for Increasing the Sustainability of Transport Networks.» Natural Resources Forum 39 (2): 83–96.
Available at http://apps.csdila.ie.unimelb.edu.au/iddss (accessed 16 March, 2020), Université de Melbourne.

[26] Millbrook au Royaume-Uni. flood model Simplified Millbrook visualisation. Available at http://nexus-serious-games.org/mini-caddies-0/millbrook-flood-basic.html (accessed 16 March, 2023).

[27] Jeff Larson, Al Shaw, ProPublica, Federal Emergency Management Agency. (June 12, 2013). New Maps and a New Plan for New York. Available athttps://projects.propublica.org/nyc-flood/ (accessed 27 March, 2023).
[28] Kilsedar, C. E., F. Fissore, F. Pirotti, and M. A. Brovelli. (2019). Extraction and visualization of 3d building models in urban areas for flood simulation. ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences XLII-2/W11: 669–673. Available at https://github.com/kilsedar/urban-geo-big-data-3d (accessed 27 March, 2023).
[29] Mathieu Brédif. (2018). Modélisation de l'inondation de Lyon, IGN France.
Available at https://github.com/itownsResearch/2018_TSI_projet3D_Inondation (accessed 27 March, 2023).
[30] Société Québécoise GeoSapiens, Institut national de la recherche scientifique (INRS). E-nundation solutions innovantes pour prévenir les risques d'inondation. Available at https://www.e-nundation.com (accessed 27 March, 2023).
[31] Jamie Jacobs. (2019). Pin2Flood, first responders can create and share real-time flood maps.
Available at https://storymaps.arcgis.com/stories/7ffc26a14f8c49d29980ba31353265f0 (accessed 27 March, 2023).
[32] Coastal Resources Center. (2019). STORMTOOLS
Available at https://stormtools-mainpage-crc-uri.hub.arcgis.com/ (accessed 23 March, 2023).
[33] Kumar, K., Ledoux, H., and Stoter, J. (2018). Dynamic 3d visualization of floods: case of the netherlands. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences, Volume XLII-4/W10: 83–87.
[34] iTowns Research 3D web geovisualization library, Sea Level Interactive Visualization.
Available at https://itownsresearch.github.io/sealevel/ (accessed 23 March, 2023).
[35] Feng, L., Wang, C., Li, C., and Li, Z. (2011). A research for 3D WebGIS based on WebGL. International conference on computer science and network technology, IEEE. December 24-26, Beijing, China.
[36] Karnatak, H. C., Shukla, R., Sharma, V. K., Murthy, Y. V. S., and Bhanumurthy, V. (2012). Spatial mashup technology and real time data integration in geo-web application using open source GIS – a case study for disaster management. Geocarto International, 27,499–514.
[37] Wate, P., Saran, S., Srivastav, S.K., and Krishna Murthy, Y.V.N. (2013). Formulation of hierarchical framework for 3D-GIS data acquisition techniques in context of level-of-detail (LOD). Proc. of Second International Conference on Image Information Processing, IEEE, December 9-11, Shimla, India.
[38] Leskens, J. G., Kehl, C., Tutenel, T., Kol, T., De Haan, G., Stelling, G. and Eisemann, E., 2017. An interactive simulation and visualization tool for flood analysis usable for practitioners. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 22 (2), pp. 307–324.