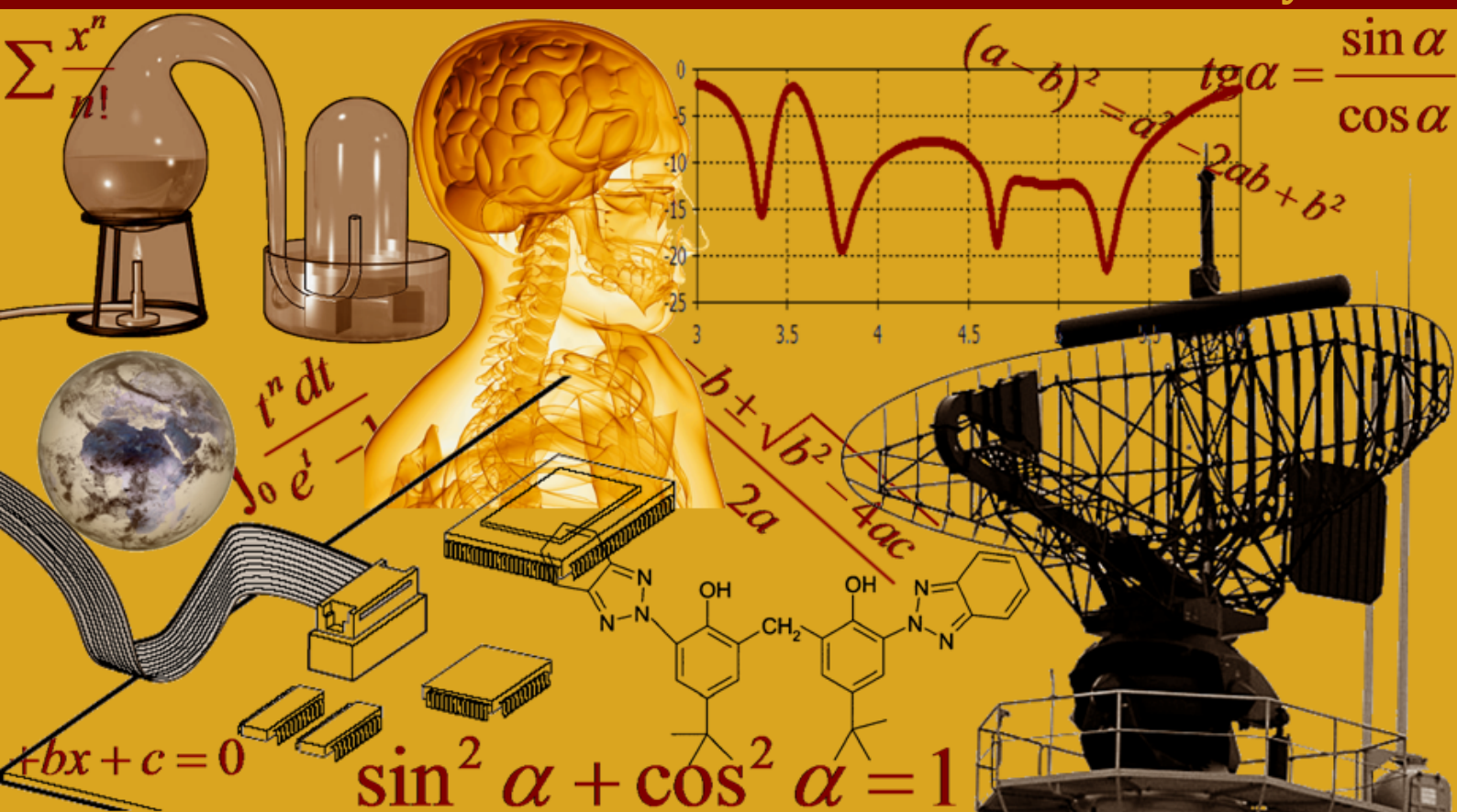


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND SCIENTIFIC RESEARCH

Vol. 77 N. 1 February 2025



International Peer Reviewed Monthly Journal



International Journal of Innovation and Scientific Research

International Journal of Innovation and Scientific Research (ISSN: 2336-0046) is an open access, specialized, peer-reviewed, and interdisciplinary journal that focuses on research, development and application within the fields of innovation, engineering, science and technology. Published four times per year in English, French, Spanish and Arabic, it tries to give its contribution for enhancement of research studies.

All research articles, review articles, short communications and technical notes are sent for blind peer review, with a very fast and without delay review procedure (within approximately two weeks of submission) thanks to the joint efforts of Editorial Board and Advisory Board. The acceptance rate of the journal is 75%.

Contributions must be original, not previously or simultaneously published elsewhere. 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

K. Messaoudi, Hochschule für Bankwirtschaft, Germany
Sundar Balasubramanian, Medical University of South Carolina, USA
Ujwal Patil, University of New Orleans, USA
Avdhoot Walunj, National Institute of Technology Karnataka, India
Rehan Jamil, Yunnan Normal University, China
Sankaranarayanan Seetharaman, National University of Singapore, Singapore
Fairouz Benahmed, University of Connecticut Health Center, USA
Achmad Choerudin, ST.,SE.,MM., Academy Technology of Adhi Unggul Bhirawa, Indonesia
Mohammad Ali Shariati, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Iran
Md Ramim Tanver Rahman, Jiangnan University, China
Rasha Khalil Al-Saad, Veterinary Medicine College, Iraq
Neil L. Egloso, Palompon Institute of Technology, Philippines
Sanjay Sharma, Roorkee Engineering & Management Technology Institute, India
Ahmed Nabile Emam, National Research Center (NRC), Egypt
Md. Arif Hossain Jewel, Rural Development Academy, Bangladesh
N. Thangadurai, Jayalakshmi Institute of Technology, India
Urmila Shrawankar, G H Raisoni College of Engineering, India
Goutam Banerjee, Visva-Bharati University, India
Santosh Kumar Mishra, S. N. D. T. Women's University, India
Anupam Kumar, Ashoka Institute of Technology & Management, India

Table of Contents

Risques zoonotiques aux interfaces hommes-chimpanzés-bétails au parc national Pencely-Soyah-Sabouyah en République de Guinée	1-12
<i>Amadou Diallo, Boubacar Laïla Diallo, Adoté Hervé Gildas Akueson, Younoussa Camara, and Diawadou Diallo</i>	
Les déterminants d'un climat électoral apaisé au Togo: Une analyse à partir de l'exemple des élections de 2007, 2010 et 2013	13-24
<i>Adjeta Essossinam</i>	
Caractérisation de familles d'hybrides de cacaoyers (<i>Theobroma cacao</i> L.) pour la productivité, la vigueur, la qualité technologique des fèves et la résistance au champ à la pourriture brune des cabosses en Côte d'Ivoire	25-33
<i>Vanié Bi Firmin Goure, Mathias Gnion Tahi, Honorine Brigitte Guiraud, Inago Caudou Trebissou, Klotioloma Coulibaly, Walet Pierre N'Guessan, Stanislas Kouame, Sandrine Minakou, Pepin Assi, Mathurin Atchi, Aidara Sekou, François N'Guessan, and Sélastique Akaffou</i>	
Activité de poterie et tourisme dans le village de tanou-sakassou (Centre de la Côte d'Ivoire): Entre pérennisation d'un savoir-faire ancestral, modernisme et préservation de l'environnement	34-48
<i>N'Goran Kouamé Fulgence</i>	
Pétrologie structurale des granitoïdes de la région de Kanyiki Bakwa Bowa, province de Lomami en RDC	49-62
<i>Alphonse Tshimanga Kambaji, Télesphore Mayiba Mayiba, Trésor Mulunda Bululu, and Hippolyte Mutombo Mwebwe</i>	
Corrélation lithostratigraphique entre le bassin versant de Bushimay (Province du Kasai oriental, RDC) et celui de Lomami (Province de Lomami, RDC)	63-82
<i>Alphonse Tshimanga Kambaji, Hippolyte Mutombo Mwebwe, and Télesphore Mayiba</i>	
Impacts socio-économiques des activités de renforcement de la résilience communautaire réalisées dans le cadre de la restauration des sites sylvo-pastoraux dans le département de Ouallam, ouest du Niger	83-94
<i>Ousseini Moussa Abdou, Oumarou Issoufou Nana Aichatou, and Iro Dan Guimbo</i>	
Effets de la fertilisation organo-minérale sur la croissance et le rendement du maïs graines à l'ISAV de Faranah	95-106
<i>Diallo Boubacar, Diallo Diariou, Barry Ibrahima, Diallo Alhassane, Diallo Alhassane, Cisse Amara, Conde Moussa, and Diawadou Diallo</i>	
Croissance, rendement carcasse et 5ème quartier des métis Brune des Alpes comparé à la race locale Azawak au Niger	107-115
<i>Halidou Maiga Nafissatou, Abdou Moussa Mahaman Maaouia, Marichatou Hamani, and Moumouni Issa</i>	
The Evolution of Cryptocurrency: From Bitcoin to Advanced Blockchain Solutions	116-128
<i>Ayushi Gupta and Anamika Gupta</i>	
Prédiction de la probabilité de réussite en sciences informatiques et orientation départementale	129-138
<i>Mavuela Maniansa Richard</i>	
Formalisation algébrique du crible d'ératosthène	139-154
<i>Mushiwalahyage Zaluka, Safari Mukeru, and Déborah Amani Faraja</i>	
Facteurs associés au décès maternel à l'Hôpital Général de Référence de la Zone de Santé Rurale de Bunia, province de l'Ituri en République Démocratique du Congo	155-162
<i>Anzasiloko Tabo Chantal, MIMILYABO SEZABO Pascal, Dz'dhi Chavalire Elisee, Ngavele Issamba Clarisse, and Kambale Amani Etienne</i>	

Risques zoonotiques aux interfaces hommes-chimpanzés-bétails au parc national Pencely-Soyah-Sabouyah en République de Guinée

[Zoonotic risks at human-chimpanzee-livestock interfaces in Pencely-Soyah-Sabouyah National Park, Republic of Guinea]

Amadou Diallo¹, Boubacar Laïla Diallo², Adoté Hervé Gildas Akueson³, Younoussa Camara⁴, and Diawadou Diallo⁵

¹Département Eaux et Forêts Environnement, Institut Supérieur Agronomique et Vétérinaire « Valéry Giscard d'Estaing » de Faranah (ISAV- « VGE », F), BP: 131, Ecole doctorale en Agriculture Durable et Gestion des Ressources en Eau, Faranah, Guinea

²Département Eaux et Forêts Environnement, Institut Supérieur Agronomique et Vétérinaire « Valéry Giscard d'Estaing » de Faranah (ISAV- « VGE », F), BP: 131, Ecole doctorale en Agriculture Durable et Gestion des Ressources en Eau, Faranah, Guinea

³Département Agriculture, Institut Supérieur Agronomique et Vétérinaire « Valéry Giscard d'Estaing » de Faranah (ISAV- « VGE », F), BP: 131 Faranah, Guinea

⁴Département Eaux et Forêts Environnement, Institut Supérieur Agronomique et Vétérinaire « Valéry Giscard d'Estaing » de Faranah (ISAV- « VGE », F), BP: 131 Faranah, Guinea

⁵Département Agriculture, Institut Supérieur Agronomique et Vétérinaire « Valéry Giscard d'Estaing » de Faranah (ISAV- « VGE », F), BP: 131 Faranah, Guinea

Copyright © 2025 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: Human-chimpanzee-livestock interactions in Pencely-Soyah-Sabouyah National Park pose increasing risks of zoonotic disease transmission and ecological degradation. Chimpanzees (*Pan troglodytes verus*), listed as endangered, are particularly vulnerable, as are local human communities that share their habitats. This study examines major zoonotic diseases (anthrax, yellow fever, tuberculosis, malaria, enteric diseases, and monkey measles) in the context of competition for vital resources and increasing human development. Combining ethnobiology, statistical analyses, and qualitative and quantitative social research methods, the results show that the main foci of zoonotic transmission are located near water points, markets, butcheries, and ecological corridors frequented by chimpanzees. The study identifies several levels of threats: very low (presence of panthers: 11.38%), low (damage to crops and livestock: 13.05%), moderate (injuries and deaths related to human-chimpanzee interactions), high (decline of traditional conservation practices: 16.38%), and very high (transmission of zoonotic diseases: 20.55%). The most critical threat remains anthropization, which leads to a scarcity of essential resources (24.72%).

The transmission of emerging diseases and the deterioration of ecosystems represent major risks to public health and biodiversity. A proactive approach involving an epidemiologist is essential to monitor transmission modes, implement epidemiological intelligence strategies, and reduce the risk of contamination in this key region.

KEYWORDS: zoonoses, human-animal interactions, conservation, epidemiologist, transmission, anthropization.

RESUME: Les interactions hommes-chimpanzés-bétails dans le parc national de Pencely-Soyah-Sabouyah posent des risques croissants de transmission de maladies zoonotiques et de dégradation écologique. Les chimpanzés (*Pan troglodytes verus*), classés comme espèce en danger, sont particulièrement vulnérables, tout comme les communautés humaines locales qui partagent leurs habitats. Cette étude examine les maladies zoonotiques majeures (anthrax, fièvre jaune, tuberculose, paludisme, maladies entériques et rougeole des singes) dans le contexte de la concurrence pour les ressources vitales et de l'anthropisation croissante.

En combinant ethnobiologie, analyses statistiques et méthodes de recherche sociale qualitative et quantitative, les résultats montrent que les principaux foyers de transmission zoonotique se situent près des points d'eau, des marchés, des boucheries et des corridors écologiques fréquentés par les chimpanzés. L'étude identifie plusieurs niveaux de menaces: très faible (présence de panthères: 11,38 %), faible (dommages aux cultures et au bétail: 13,05 %), modérée (blessures et décès liés aux interactions homme-chimpanzé), élevée (déclin des pratiques traditionnelles de conservation: 16,38 %), et très élevée (transmission de maladies zoonotiques: 20,55 %). La menace la plus critique reste l'anthropisation, qui entraîne une raréfaction des ressources essentielles (24,72 %).

La transmission des maladies émergentes et la détérioration des écosystèmes représentent des risques majeurs pour la santé publique et la biodiversité. Une approche proactive impliquant un épidémiologiste est essentielle pour surveiller les modes de transmission, mettre en œuvre des stratégies de renseignement épidémiologique, et réduire le risque de contamination dans cette région clé.

MOTS-CLEFS: zoonoses, interactions homme-animal, conservation, épidémiologiste, transmission, anthropisation.

1 INTRODUCTION

Les crises sanitaires mondiales provoquées par les maladies zoonotiques, telles que l'anthrax, la fièvre jaune, la tuberculose, le paludisme, les maladies entériques et la rougeole des singes, soulignent la nécessité d'explorer les risques associés aux interactions homme-chimpanzé-bétail. Ces interactions, souvent amplifiées par la concurrence pour des ressources vitales comme l'eau et les terres agricoles, influencent non seulement la transmission des maladies, mais aussi la santé humaine, animale et l'économie locale (Karesh et al., 2020). Les interactions accrues entre humains et faune sauvage, favorisées par l'expansion démographique et les activités anthropiques, constituent un risque majeur pour l'émergence de nouvelles zoonoses (Jones et al., 2021).

Le commerce mondial, la mobilité accrue des populations et les initiatives de conservation de la biodiversité exacerbent la probabilité de diffusion des maladies animales ou l'introduction de pathogènes émergents dans de nouveaux territoires (Murray et al., 2022). Les zones protégées comme les forêts classées, les parcs nationaux et les réserves biosphères deviennent souvent des points critiques de transmission zoonotique si des mesures de gestion durable ne sont pas mises en œuvre pour atténuer la concurrence entre communautés locales, faune sauvage et bétail (Bouabré et al., 2023).

La République de Guinée, riche en biodiversité avec ses écosystèmes forestiers et ses bassins versants internationaux, est particulièrement vulnérable à ces défis. Les conventions internationales que le pays a ratifiées visent à assurer une gestion durable des ressources naturelles, à limiter la déforestation et à réduire les risques de transmission des maladies zoonotiques émergentes et réémergentes. Le parc national de Pencely-Soyah-Sabouyah (PNS), en cours de création, est un écosystème clé pour la conservation, abritant une des plus grandes populations de chimpanzés (*Pan troglodytes verus*) en Guinée ainsi que la dernière population viable d'éléphants de forêt du pays (WCF, 2023). Cependant, le projet de construction d'un chemin de fer traversant ce parc sur 100 km constitue une menace majeure pour son intégrité écologique et accentue les risques de transmission de zoonoses en raison de l'afflux humain qu'il générera.

Les zoonoses émergentes, souvent attribuées au commerce de la faune sauvage, nécessitent une compréhension approfondie des facteurs de risque associés à l'interaction hommes-chimpanzés-bétails. Ces facteurs incluent la concurrence pour les ressources, les migrations des chimpanzés vers des zones densément peuplées, les changements d'utilisation des terres, l'expansion agricole et les conflits directs avec les communautés locales (Kock et al., 2020). Ces interactions augmentent les risques de blessures, de destruction des moyens de subsistance, et d'émergence de maladies graves dans les corridors écologiques, les points d'eau et les habitats fauniques.

L'objectif principal de cette étude est d'identifier et de caractériser les risques zoonotiques liés à ces interactions dans le parc national PNS. Cette recherche combinera des analyses épidémiologiques, écologiques et socio-économiques pour évaluer les facteurs qui amplifient la transmission des maladies et proposer des mesures d'atténuation fondées sur des données probantes. Ces mesures seront adaptables à d'autres parcs et aires protégées de la République de Guinée.

En plus de sa richesse faunique – comprenant chimpanzés, babouins, antilopes, buffles, éléphants, crocodiles nains et une grande variété d'oiseaux – le parc PNS représente un laboratoire naturel pour étudier les interactions complexes entre les humains, la faune sauvage et le bétail. Cette étude contribuera à la compréhension des risques zoonotiques dans cet écosystème unique, tout en fournissant des outils pour préserver la santé humaine, animale et écologique de la région.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 MATERIEL

2.1.1 SITE D'ETUDE

L'étude se concentre sur l'identification et la caractérisation des risques de transmission des maladies zoonotiques dans le parc national de Pencely-Soyah-Sabouyah (PNS). Elle examine plusieurs aspects, notamment la concurrence pour les ressources vitales (eau, terres agricoles, pâturages), les activités anthropiques (exploitation des ressources, urbanisation, construction), la migration des chimpanzés vers des zones densément peuplées due à la dégradation de leur habitat naturel, ainsi que les changements d'affectation des terres (conversion des habitats en terres agricoles ou en infrastructures humaines). Les conflits homme-faune, comme les agressions des chimpanzés sur les femmes et les enfants, ainsi que la destruction des moyens de subsistance locaux tels que le bétail, les cultures, les plantations et les points d'eau, sont également analysés.

Le site choisi pour cette recherche est la commune rurale de Soyah, située au cœur du parc national de Pencely-Soyah-Sabouyah (PNS), dans la préfecture de Mamou. Soyah est composée de sept districts: Soyah (district central), Boulhi, Kenten, Farenta, Berteyah, Fodéyah et Nobe.

Selon le Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH, 2016), la commune compte environ 29 548 habitants, répartis sur une superficie de 906 km². Située aux coordonnées géographiques 12°30' Nord et -11°98' Ouest, Soyah présente un paysage diversifié constitué de forêts, de savanes et de zones de transition.

L'échantillonnage a ciblé huit zones, réparties équitablement entre quatre localités à l'intérieur du parc et quatre autres situées à l'extérieur. Les sites sélectionnés incluent ceux potentiellement fréquentés par les chimpanzés, tout en prenant en compte les menaces associées aux activités humaines. Ces activités favorisent un rapprochement progressif entre les populations locales et la faune sauvage, augmentant ainsi le risque de transmission des maladies zoonotiques dans la région.

L'identification des points de collecte a été réalisée par l'équipe de recherche, en fonction des caractéristiques spécifiques de chaque zone. Les techniques de recherche qualitative et quantitative en sciences sociales ont été utilisées pour évaluer le niveau de risque d'introduction ou de propagation des agents pathogènes entre les communautés locales et la faune sauvage.

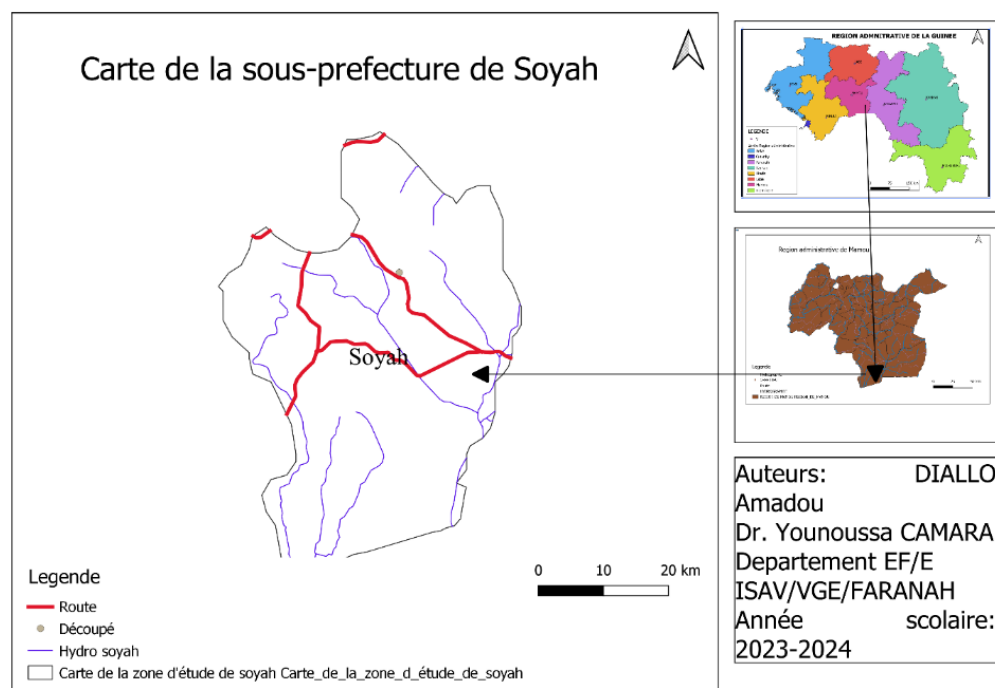


Fig. 1. Carte de la zone d'étude

2.1.2 POPULATION CIBLE

L'enquête a été menée auprès de diverses catégories socio-professionnelles impliquées ou affectées par les interactions homme-faune dans la région. Les participants incluent des conservateurs de la nature, des éleveurs, des agents de santé, des autorités villageoises

et religieuses, des chasseurs, des employés municipaux, ainsi que des membres d'organisations non gouvernementales (Wild Chimpanzé Foundation) œuvrant dans le domaine de la conservation forestière. D'autres groupes tels que les cultivateurs, les planteurs, les vendeurs de viande de brousse, les bouchers, les représentantes des femmes, les médecins traditionnels et les artisans ont également été interrogés.

Les effectifs des personnes enquêtées sont détaillés dans le tableau I. La sélection des participants a été effectuée sur la base de critères spécifiques prenant en compte leur implication dans les dynamiques locales homme-animal et leur connaissance des pratiques ou des risques liés à la transmission des maladies zoonotiques.

Tableau 1. Echantillon de l'étude

Districts/Villages	Conservateur	Agriculteur	Eleveur	Chasseur	Agent de santé	Autorités religieuses	Autorités Villageoises	Agent ONG	Vendeur viande brousse	Médecins Traditionnels	Représentantes des femmes	Total
Soyah centre	2	22	11	7	1	5	2	2	3	4	1	62
Berteyah	1	11	10	6	1	5	0	2	1	8	4	49
Fodeyah	1	25	14	2	2	7	1	0	3	7	2	65
Boulhi	2	15	17	4	1	6	2	2	1	1	2	52
Kenten	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	03
Farenta	2	30	20	1	2	6	7	1	3	4	2	80
Nobé	0	15	13	5	2	4	7	0	0	3	2	49
Total	08	118	85	25	10	33	21	07	11	27	13	360

2.2 METHODES

2.2.1 COLLECTES DES DONNEES

Pour recueillir des données fiables, nous avons utilisé une combinaison de trois approches complémentaires: l'ethnozoologie, les méthodes de recherche sociale qualitative et quantitative, et l'analyse statistique.

Premièrement, l'ethnozoologie a permis une exploration approfondie des interactions hommes-chimpanzés-bétails ainsi que des changements de mentalités des communautés locales envers la conservation des grands singes. Cette approche a mis en lumière les comportements locaux, les conflits homme-faune et les dynamiques culturelles influençant la transmission des maladies zoonotiques.

Deuxièmement, des méthodes de recherche écologique ont été utilisées pour examiner les influences environnementales sur les risques associés aux menaces telles que la concurrence pour les ressources vitales et les activités anthropiques. Ces analyses ont permis d'identifier les facteurs rapprochant les populations locales, la faune sauvage et les animaux domestiques, augmentant ainsi la probabilité de transmission des maladies.

Enfin, des méthodes de recherche sociale qualitatives et quantitatives ont été employées pour mener des enquêtes, des groupes de discussion et des observations participatives. Ces outils ont aidé à comprendre les contextes sociaux et économiques liés à la transmission des maladies zoonotiques dans les zones de forte interaction, comme les points d'eau, les pâturages, les marchés, et les lieux de vente de viande de brousse.

Les données ont été collectées par une combinaison de recherche documentaire, d'observations directes à l'aide de grilles spécifiques, et d'entretiens semi-directifs individuels et en groupes. L'application KoboCollect a été utilisée pour structurer et enregistrer les données recueillies dans sept districts de la commune rurale de Soyah. Les critères de sélection comprenaient la sécurité des chercheurs, l'accessibilité des zones et la pertinence des lieux présentant des risques élevés de transmission zoonotique.

Les participants comprenaient des conservateurs, agriculteurs, éleveurs, chasseurs, agents de santé, autorités religieuses et villageoises, membres d'ONG (comme WCF), vendeurs de viande de brousse, médecins traditionnels, représentantes des femmes, et artisans. Au total, **360 individus** âgés de 18 à 91 ans ont été interrogés, soit individuellement, soit en groupes, dans les sept districts de la commune. Les guides locaux, formés pour faciliter les interactions, ont également participé à l'identification des espèces responsables des maladies zoonotiques à l'aide de clés d'identification morphologique.

2.2.2 CARACTERISATION DES SITES D'ECHANTILLONNAGE

Les couloirs écologiques, zones de nidification, sites touristiques et habitats fréquentés par les chimpanzés ont été identifiés. Les menaces liées aux activités humaines, telles que la déforestation, les feux de brousse, l'agriculture itinérante, et la pêche illégale, ont également été caractérisées pour évaluer leur impact sur la faune sauvage et les corridors biologiques.

2.2.3 ENQUETES DEMOGRAPHIQUES

Une enquête démographique utilisant un questionnaire semi-structuré a été réalisée pour évaluer les menaces pesant sur les chimpanzés et leurs habitats. Cette enquête a couvert divers aspects, notamment les activités anthropiques, la concurrence pour les ressources vitales, et les risques zoonotiques associés aux interactions homme-faune-bétail.

2.2.4 ANALYSE ET TRAITEMENT DES DONNEES

Les données collectées ont été enregistrées dans KoboCollect et transférées vers Microsoft Excel pour synthèse. Des analyses statistiques ont été effectuées à l'aide de logiciels comme FSC Store et QField. Les résultats ont été vérifiés sur le terrain à travers des marches d'observation et des analyses des pratiques communautaires.

3 RESULTATS

3.1 IDENTIFICATION DES ZOONOSES

L'objectif principal de l'étude était d'identifier et de caractériser les facteurs de risque liés à la transmission des maladies zoonotiques dans le parc national de Pencely-Soyah-Sabouyah. Les enquêtes ont confirmé la présence de maladies zoonotiques fréquentes et médicalement graves chez l'homme, transmises par la faune dans cette région.

Les principales sources de transmission identifiées incluent les points d'eau, les couloirs écologiques, et les habitats anthropisés fréquentés par les chimpanzés. Les données ont révélé une forte corrélation entre les activités humaines, comme la déforestation, et l'augmentation des interactions homme-chimpanzé-bétail, amplifiant ainsi les risques de transmission des parasites et virus zoonotiques (Tableau. 1).

Les résultats ont également mis en évidence les menaces pesant sur les chimpanzés et leurs habitats, notamment la dégradation des couloirs écologiques et des sites touristiques due aux activités humaines. Ces conclusions soulignent l'urgence d'élaborer des stratégies de conservation et de prévention basées sur les données collectées.

Tableau 2. Maladies zoonotiques présentes à Soyah

	Fréquence	Gravité	Causes et lieux de transmission	Présence à Soyah
Rougeole de singe	++	+++	Points d'eaux	Oui
Paludisme	+++	++	Zones de pâturage Restes des nourritures	Oui
Fièvre jaune	+	++	Blessures	Oui
Charbon bacteridien	++	++	Rapprochement	Oui
Tuberculose	++	+	Viandes	Oui
Maladies entériques	-	++	Activités anthropiques	Oui
Rage	-	+	Chemin de l'école et entre les villages	Oui

Légende: +++=très abondant, ++=abondant, +=moins abondant, +=rare, -=très rare

Il ressort de ce tableau que les maladies zoonotiques (charbon bacteridien, Fièvre jaune, Tuberculose, paludisme, maladies entériques et rougeole de singe) sont devenu très fréquentes et représentent un danger dans cette zone, dont les causes de transmissions sont souvent influencées par la concurrence pour les ressources vitales entre homme-chimpanzé-bétaïls.

Les données collectées à partir des entretiens ont permis d'identifier plusieurs zoonoses présentes dans la région du parc national de Pencely-Soyah-Sabouyah (PNS). Les maladies recensées incluent le charbon bactérien, la rougeole de singe, la tuberculose, la rage, la fièvre jaune, le paludisme et les maladies entériques. Voici une description des zoonoses identifiées:

CHARBON BACTÉRIEN (ANTHRAX)

Le charbon bactérien, ou anthrax, est une zoonose infectieuse et contagieuse causée par la bactérie *Bacillus anthracis*. Elle affecte principalement les mammifères herbivores tels que les bovins, moutons, chèvres et chevaux, mais peut également toucher les animaux sauvages comme les primates, renards, cerfs, chevreuils et sangliers.

TUBERCULOSE

La tuberculose est une zoonose transmise par des pathogènes du genre *Mycobacterium*, notamment *M. bovis*, *M. tuberculosis* et *M. africanum*. Les réservoirs animaux incluent les chiens, chats, mammifères cervidés (cerf, chevreuil), les primates, les sangliers et autres espèces sauvages.

RAGE

La rage est causée par le virus rabique *Lyssavirus*. Cette zoonose est présente chez de nombreux carnivores, notamment les chiens, chats et furets, ainsi que chez les chauves-souris.

ROUGEOLE DE SINGE (VARIOLE DU SINGE)

La rougeole de singe est une maladie infectieuse émergente causée par un virus transmis principalement par des rongeurs infectés. Bien qu'elle puisse se propager d'une personne à une autre, la transmission interhumaine seule ne suffit pas à entretenir une épidémie. Ce virus appartient à la même famille que ceux de la variole humaine et de la variole bovine. Historiquement, cette maladie est répandue en Afrique occidentale et centrale.

PALUDISME (MALARIA)

Le paludisme, également connu sous le nom de fièvre des marais, est une maladie infectieuse causée par un parasite du genre *Plasmodium*. Ce parasite est transmis à l'homme par la piqûre de moustiques *Anopheles* infectés. Le paludisme constitue une zoonose lorsque la transmission se fait d'un animal à l'homme.

FIEVRE JAUNE

La fièvre jaune est une maladie hémorragique virale aiguë transmise par des moustiques du genre *Aedes*. Cette zoonose est présente dans les régions intertropicales d'Afrique et d'Amérique du Sud. Elle se caractérise par une jaunisse chez certains patients et est probablement une maladie ancienne liée aux forêts tropicales.

MALADIES ENTERIQUES

Les maladies entériques sont causées par des micro-organismes tels que des bactéries, virus ou parasites, qui provoquent des maladies intestinales. Ces zoonoses sont principalement transmises par la consommation d'eau ou d'aliments contaminés et peuvent se propager d'une personne à une autre. Les zoonoses entériques bactériennes figurent parmi les zoonoses professionnelles les plus fréquentes et d'une grande importance sanitaire.

3.2 FREQUENCE ET GRAVITE DES MALADIES ZOONOTIQUES

La fréquence et la gravité des maladies zoonotiques se trouvent au tableau N°3.

Tableau 3. Analyse sur la fréquence et la gravité des maladies zoonotiques à soyah

N°	Menaces	Fréquence	Gravité	Présence à soyah
1	Maladies zoonotiques	+++	+++	Oui
2	Déclin de conservation	++++	++++	Oui
3	Feux de brousse	++++	++++	Oui
4	Culture sur brulis	++++	++++	Oui
5	Carbonisation	++	++	Oui
6	La panthère	++	++	Oui
7	Exploitation de bois	++	+	Oui
8	Braconnage	+	+	Faible
9	Consommation de la viande restant tué par un animal	+	+	Oui
10	Consommation d'un fruit restant consommé par un autre animal	-	-	Oui

Légende: la numérotation indique les différentes menaces observées sur le terrain

++++ =très abondant, +++ =abondant, ++=moins abondant, +=rare, - =très rare

Il découle de ce tableau que les menaces situées dans l'intervalle d'un à sept sont les plus fréquentes et les plus graves pour les hommes, les chimpanzés et les bétails. Les menaces situées dans l'intervalle de huit à dix sont rares et moins graves.

3.3 LES SOURCES DE TRANSMISSIONS DES MALADIES ZONOTIQUES

Les possibilités de transmissions des maladies sont consignées dans le tableau 4.

Tableau 4. *Evaluation des ressources pillées par les chimpanzés qui peuvent être source de transmission des maladies*

N°	Ressources pillées	Fréquence	Gravité	Présence à soya
1	Blessures et décès humains	++	++++	Oui
2	Eaux	++++	++++	Oui
3	Plantation banane	++++	+++	Oui
4	Plantation orange	++++	+++	Oui
5	Plantation mangue	++++	+++	Oui
6	Petit veau	+++	++	Oui
7	Petit chèvre	+++	++	Oui
8	Petit mouton	+++	++	Oui
9	Plantation café	+	+	Oui
10	Volaille	+	+	Oui
11	Légume	+	+	Oui
12	Papaye	++	+	Oui
13	Mais	-	+	Oui
14	Mil	-	+	Oui

Légende: La numérotation d'un à 14 indique les ressources vitales pillées par les chimpanzés et autres animaux sauvages

++++ =très abondant, +++ =abondant, ++=moins abondant, +=rare, - =très rare

Il découle de ce tableau que des ressources vitales tels que (l'être humain, l'eau, les plantations, petits veaux de (vache, chèvre et mouton) sont gravement pillé avec des fréquences différentes selon les circonstances et d'autres ressources les moins pillés qui sont: volaille, légume, mais, mil avec une gravité légère et une fréquence un peu lente selon le besoin de l'animal et la circonstance.

3.4 LES CAUSES DE RAPPROCHEMENT HOMMES-CHIMPANZES-BETAILS

Les sources et les menaces rapprochant hommes-chimpanzés-bétails se trouvent dans le tableau 5.

Tableau 5. Evaluation des menaces liées au rapprochement hommes-chimpanzé sur certains sites fréquentés

N°	Zones	Nids observés	Distance Parcourue	Présence crottes Chimpanzé	Présence de couloir écologiques	Observation direct	Caractéristique de la végétation	Menaces Sur l'habitats	Altitude	GPS
1	Secteur Banga	21	3 km	+++	+++	-	-Savane arborée -Foret galerie -Présence de nourriture Montagne	Carbonisation Chasse Feux de brousse Habitation	777m	10.30° -11.98°
2	Secteur felo goulo	00	1,5 km	++	++	-	Savane arborée Et arbustive Présence de nourriture	Plantation Feux de brousse Culture sur brulis	813m	10.30° -11.96°
3	Secteur Peloun	27	1,5 km	+++	+++	Cris	Savane arborée Foret galerie Montagne Présence de nourriture	Carbonisation Feux de brousse Culture sur brulis Habitation	741m	10.32° -11.97°
4	Cère Thiaga Gnamakwel	415	3km	++ ++	++++	Cris	Savane arborée Foret galerie Topographie accidentée Présence de nourriture	Habitations Feux de brousse Nids brûlés Culture sur brulis	875m	10.31° -11.98°
5	Parc PSS Konkofin	00	3km	-	+	Cris	Foret bambou Savane arborée montagne Foret galerie Présence de nourriture	Feux de brousse Prédateurs	713m	10.27° -11.96°
6	Parc PSS Laffou	00	3km	-	++	Cris	Foret bambou Foret galerie Savane arborée Montagne Présence de nourriture	Feux de brousse Prédateurs	799m	10.26° -11.96°
7	Parc PSS Berteyah	2	3km	-	++	-	Savane arborée	Feux de brousse Prédateurs	318 m	10.21° -11.85°
8	Parc PSS Bananahoi Farenta	34	1,5km	++	++	Cris	Savane arborée Foret galerie Plantation banane	Feux de brousse Culture sur brulis	344m	10.12° -11.96°

Légende:: secteur Banga, 2: secteur felo goulo, 3: secteur peloun, 4: Cère thiaga, 5: konkofin, 6: laffou, 7: felo berteyah, 8: secteur malikiya bannanahoi.
++++ =très abondant, +++ =abondant, ++=moins abondant, +=rare, - =très rare

Il ressort de ce tableau que tous les habitats sur lequel nous avons trouvé des empreintes (nids, crottes, reste de nourriture, couloir écologiques, cris) des grands singes sont menacés à des degrés différents par les activités anthropiques (feux de brousse, culture sur brulis, carbonisation, habitation, l'exploitation des bois d'œuvre, la panthère, la chasse). Cette recherche montre que les zones situées hors du parc contient le plus grand nombre des nids et sont les plus victimes des pressions humaines et les actions anthropiques.

3.5 CARACTERISTIQUES DES MENACES SUR LES SITES FREQUENTES PAR LES CHIMPANZES

Les caractéristiques des sites touristiques fréquentés par les chimpanzés sont consignées dans le tableau 6.

Tableau 6. Caractérisation des menaces sur les sites touristiques susceptible d'être fréquentés par les chimpanzés

N°	Noms des sites	Localisation	Présence des chimpanzés	Caractéristiques Du site	Activités menaçants le site	Altitude	GPS
1	Caverne mystérieuse de kalmasegue	Secteur felo goulo Soyah centre	++	-5 portes -Espaces internes 500 m ² -Bowal -Topographie accidenté -Savane arbustive	-Feux de brousse -jet des ordures à l'intérieure -Culture sur brulis -Habitations -Coupe de bois	815m	10.30° -11.96°
2	Cère thiaga Pierre mystérieuse	Secteur gnamakouwel Soyah centre	++++	-Savane arborée -Foret galerie -Pierre mystérieuse	-Feux de brousse -Culture sur brulis -Habitations -Coupe de bois	786m	10.31° -11.98°
3	Rivière mystérieuse de felo goulo	Secteur felo goulo Soyah centre	++	-Durée plus de 300 ans -Long : 20 m -Larg. : 50 cm -Très mystérieuse -Débit intact : toutes les saisons -N'a jamais tarit -Foret galerie -Topographie montagneuse	-Feux de brousse -Culture sur brulis -Habitations -Coupe de bois Source de conflit hommes - chimpanzé-animaux domestique	832m	10.30° -11.96°
4	Chute panoramique de dounkiré mambi	Secteur peloun Soyah centre	++++	-Foret galerie -Savane arborée -Topographie accidenté	-Feux de brousse -Culture sur brulis -Habitations -Coupe de bois -Carbonisation	741 m	10.32° -11.95°
5	Chute panoramique de dodolo	Secteur felo goulo Soyah centre	++	-Beauté exceptionnel - Visibilité à une dizaine de km -Foret galerie -Topographie montagneuse	-Feux de brousse -Culture sur brulis -Carbonisation	884m	10.30° -11.95
6	Chutes panoramique de konkofin et felo boulouli	Zone 1 du parc PSS Soyah centre	-	-Topographie montagneuse exceptionnel -Savane arborée -Foret galerie -Deux chutes situé coté à cote -Abondance de nourriture -Présence des prédateurs	-Feux de brousse	718m	10.27° -11.96°
7	Chute touristique Ka wanssanré	Zone 2 PSS District Farenta	++	-Chute d'eau élevé mystérieuse -La chute la plus visité par les touristes -Foret galerie Savane arborée	-Feux de brousse -Culture sur brulis (selon les guides)	Inaccessi ble	Inaccessib le

Légende: 1: caverne mystérieuse de kalmasegue, 2: Cère thiaga, 3: rivière mystérieuse de felo goulo, 4: chute panoramique dounkire mambi, 5: chute panoramique de dodolo, 6: chute exceptionnelle de konkofin et felo boulouli, 7: chute touristique ka wznssanre.

++++ = très abondant, ++= abondant, += rare, - =très rare

INTERPRÉTATION:

Ce tableau montre que tous les sites touristiques susceptibles d'être fréquentés par les chimpanzés sont menacés à des degrés différents, soit par les feux de brousses, culture sur brulis, carbonisation, chasse, panthère, exploitation des bois d'œuvre etc...

3.6 CARACTERISATION DES MENACES SUR LES CORRIDORS BIOLOGIQUES FREQUENTES PAR LES CHIMPANZES

Les activités menaçants les corridors biologiques se trouvent dans le tableau 7.

Tableau 7. Caractérisation des corridors biologiques des chimpanzés dans les sites échantillonnés

N°	Corridors écologiques	Zones	Caractéristiques de la végétation	Départ du corridor	Destination du corridor	Activités menaçant le corridors	Altitude	GPS
1	Chemin et traces des chimpanzés	Secteur Banga District Soyah	-Savane arborée et arbustive -Foret galerie -Topographie montagneuse -Présence de nourriture	-Savane arborée -Haut de montagne	-Foret galerie -Rivière - Points d'eaux	-Feux de brousse -Carbonisation -Culture sur brulis -Chasse	777m	10.30° -11.98°
2	Traces des chimpanzés	Secteur Banga District Soyah	Savane arborée et arbustive -Foret galerie -Topographie montagneuse -Bowal -Présence de nourriture	-Bowal -Savane arbustive -Haut de montagne	-Vers les points et rivières -Foret galerie	-Carbonisation -Champ agricole -Feux de brousse	798m	10.30° -11.99°
3	Traces et chemins d'animaux sauvages	Zone 1. Parc PSS Felo konkofin	-Foret bambou -Savane arborée -Flancs profonds -Topographie montagneuse -Présence de nourriture -Présence des prédateurs des chimpanzés	-Foret de bambou -Haut de montagne -Savane arborée	-Vers les rivières et points d'eaux -Forets galeries	-Feux de brousse -Présence des prédateurs des chimpanzés	718m	10.27° -11.96°
4	Chemin et traces des chimpanzés	Zone 2. Parc PSS District farenta Bananahoy	-Savane arborée -Foret galerie -Présence de nourriture pour chimpanzés	-Savane arborée	-Vers les rivières et plantations	-Feux de brousse - Culture sur brulis Exploitation du bois d'œuvre	310m	10.12° -11.95°
5	Chemin des chimpanzés	Zone3. Parc PSS Secteur malikya	-Savane arborée -Foret galerie -Présence de nourriture des chimpanzés	- Savane arborée	- Vers les rivières et points d'eaux	-Feux de brousse - Culture sur -brulis -Exploitation du bois d'œuvre	344m	10.12° -11.96°
6	Chemin des chimpanzés et animaux sauvages	Zone 3. Parc PSS District farenta à banahoy	-Savane arborée -Foret galerie -Présence de nourriture des chimpanzés	-Savane arborée	-Vers le foret galerie	-Culture sur bruis -Feux de brousse -Coupe de bois	304m	10.12° -11.95°
7	Chemin des chimpanzés	Cère thiaga Secteur gnamakouwel Soyah centre	-Savane arborée et arbustive -Savane herbeuse -Bowal -Présence de nourriture pour chimpanzés	-Savane herbeuse -Bowal	-Foret galerie et points d'eaux	- Culture sur bruis -Feux de brousse -Habitations	832m	10.30° -11.96°
8	Chemin et traces pour chimpanzés	Cère thiaga Secteur gnamakouwel Soyah centre	- Savane arborée et arbustive -Foret galerie -Savane herbeuse -Bowal -Présence de nourriture pour chimpanzés	-Savane arborée -Haut de montagne	- Foret galerie et points d'eaux -Vers les habitations	- Culture sur bruis -Feux de brousse -Habitations proches des nids à 100m	691,4m	10.32° -11.98°
9	Chemin et traces des chimpanzés	Cère thiaga Secteur gnamakouwel Soyah centre	Savane arborée et arbustive -Foret galerie -Savane herbeuse -Bowal -Présence de nourriture pour chimpanzés Habitations proches des nids des chimpanzés à 100 m	Savane arborée -Haut de montagne	Foret galerie et points d'eaux -Vers les habitations très proches des nids de chimpanzés	Culture sur bruis - Feux de brousse -Habitations proches des nids à 100m	800m	10.31° -11.98°
10	Chemin et traces des chimpanzés	Zone 4. Parc PSS Berteyah	Savane arborée -Foret galerie -Présence de nourriture pour chimpanzés	Savane arborée -Haut de montagne	Foret galerie et points d'eaux	Feux de brousse	378m	10.18° -11.85°

Légende: la numérotation d'un à dix indique le nombre des couloirs biologiques observés sur le terrain

Il ressort de ce tableau que tous les couloirs écologiques sur lequel nous avons trouvé des empreintes des chimpanzés sont menacés par les activités anthropiques (Culture sur brulis, Feux de brousse, carbonisation, Habitations proches, bruit sonore, exploitation du bois d'œuvre etc.) mais à de degré différent. Les principales menaces sont: les feux de brousses, culture sur brulis suivi de la carbonisation, la présence de la panthère, l'exploitation du bois d'œuvre et enfin la chasse qui est légèrement pratiquée.

3.7 ENQUETE DEMOGRAPHIQUE

Le tableau 8 montre les résultats de l'enquête démographique sur les risques liées à l'interface hommes-chimpanzés-bétails.

Tableau 8. *Résultats de l'enquête sur les risques liées à l'interaction hommes-chimpanzé-bétails*

N°	Les menaces	Nombre de Répondant	Facteurs	Causes	Fréquence %
1	Transmission des maladies zoonotiques	74	Rapprochement	Virus	20,55
2	Présence de la panthère dans leurs Habitats	41	Immigration	Concurrences	11,38
3	Déclin de la conservation Traditionnels	59	Blessures et décès	Rencontre et surveillance	16,38
4	Blessures et décès des femmes et enfants	50	Rapprochement	Surveillance et chemin de l'école	13,88
5	Destruction culture et bétails	47	Rapprochement	Non sensibilisée	13,05
6	Anthropisation	89	Variation totale de la population	Besoins en ressources naturelles pour vivre	24,72
7	Autres	0,14	-	-	0,04
	Total	360			100%

Légende: 1 = transmissions des maladies zoonotiques, 2= présence de la panthère dans leurs habitats, 3= déclin de la conservation traditionnels des chimpanzés, 4= blessures et décès des femmes et les enfants, 5= destruction des culture et bétails par les chimpanzés; 6=Anthropisation, 7= Autres

L'enquête a révélé les menaces avec de niveau très différentes liées à l'interaction hommes-chimpanzé-bétails avec une menace très faible (panthère=11,38%), menace faible (destruction des cultures et bétails=13,05%), menace modéré (blessures et décès des femmes et les enfants), menace fort (déclin de la conservation traditionnels =16,38%), menace très fort (transmission des maladies zoonotiques =20,55%), la plus forte menace (anthropisation qui conduit à la rareté des ressources vitales = 24,72%).

4 DISCUSSION

L'analyse structurée des interactions homme-animal-environnement met en évidence les perceptions des risques de transmission des maladies zoonotiques et leurs causes, de la source à l'utilisation finale. Les données de terrain révèlent que le risque de transmission est varié et classé en catégories: très abondant, abondant, moins abondant, rare, et très rare. Ces risques sont influencés par des facteurs tels que la concurrence pour les ressources vitales, la proximité entre habitats humains et nids de chimpanzés, le manque de sensibilisation sur les règles de biosécurité, la consommation d'aliments partiellement consommés par la faune sauvage, l'insuffisance de veilles sanitaires, la légalité limitée du commerce de la viande de brousse, et l'absence de vulgarisation de la législation forestière en langue locale. Ces comportements et pratiques augmentent la probabilité d'émergence et de transmission des maladies zoonotiques (Feussom et al., 2024).

Les résultats obtenus corroborent avec les observations faites en Côte d'Ivoire par Bouabré et al. (2023), où les décisions de protection des forêts ont exacerbé le déséquilibre des écosystèmes, provoquant un rapprochement entre humains, chimpanzés et bétail. Ce rapprochement, lié à la dégradation des ressources naturelles, entraîne une interaction accrue autour des points d'eau pendant la saison sèche, lors de la récolte de fruits sauvages ou dans les champs agricoles. Ces interactions, difficiles à contrôler, augmentent les risques de transmission de maladies zoonotiques dans des environnements partagés.

Nos résultats montrent que les communautés locales expriment des préoccupations sur les risques de transmission des maladies zoonotiques non seulement liés à la consommation de viande de brousse, mais également à d'autres pratiques, comme la consommation de viande provenant de la boucherie, l'accès aux points d'eau, la fréquentation des pâturages, et les blessures causées par des chimpanzés. La consommation de restes alimentaires (fruits ou animaux blessés) par les chimpanzés est également un vecteur potentiel de transmission. Les animaux domestiques, en interaction constante avec la faune sauvage, jouent un rôle dans la diffusion des agents pathogènes. Ces observations corroborent celles de Feussom et al. (2024) au Cameroun, qui démontrent que la consommation de viande de brousse est un facteur clé d'émergence des maladies zoonotiques, avec des impacts négatifs sur la santé humaine, animale et environnementale, ainsi que sur la sécurité alimentaire et l'économie locale.

L'analyse du cadre législatif, tant en Guinée qu'au Cameroun, souligne un manque de réglementation nationale efficace pour gérer les parcs et les aires protégées. Ces observations corroborent avec celles de Boudoua, E. B. (2021) et Rivière, J. (2016) en France. Bien que des accords multilatéraux aient été ratifiés, la mise en œuvre locale reste insuffisante. La gestion des risques liés au commerce de viande de brousse, aux marchés de boucherie, et aux interactions aux points d'eau est limitée, surtout pendant la saison sèche, période

de forte interaction entre chimpanzés, humains et bétail. Ce déficit entrave la détection précoce des épidémies et complique les réponses rapides, exposant davantage les populations locales à des maladies zoonotiques émergentes.

Ces résultats confirment que la situation au parc national Pencely-Soyah-Sabouyah exige des actions urgentes. La présence d'un épidémiologiste est essentielle pour mener des recherches approfondies sur les modes de transmission des maladies zoonotiques et développer des solutions adaptées et durables.

5 CONCLUSION

Cette étude a permis de démontrer que les maladies zoonotiques émergentes et réémergentes, telles que le charbon bactérien, la fièvre jaune, la tuberculose, le paludisme, les maladies entériques et la rougeole de singe, sont actives dans la région du parc PNS. Les risques de transmission liés aux interactions homme-chimpanzé-bétail sont indéniables, exacerbés par la concurrence pour les ressources vitales et les comportements anthropiques. L'étude a également mis en évidence la menace pesant sur les couloirs écologiques et les sites touristiques fréquentés par les chimpanzés, qui subissent les effets de l'anthropisation.

Ces résultats constituent une contribution importante à la détection et à la localisation des maladies zoonotiques, fournissant un outil précieux pour les acteurs locaux dans la lutte contre leur expansion. Toutefois, l'intensité des pressions humaines rend nécessaire la mise en place d'une stratégie proactive, comme l'intelligence épidémiologique, pour prévenir et répondre aux menaces de maladies émergentes.

Enfin, la présence continue d'un épidémiologiste est cruciale pour approfondir les investigations, comprendre les mécanismes de transmission des maladies zoonotiques, et développer des méthodes de contrôle et de traitement durables, adaptées au contexte du parc national Pencely-Soyah-Sabouyah.

REMERCIEMENTS

Les auteurs de ce travail remercient vivement le Ministère de l'enseignement supérieur, de la recherche scientifique et de l'innovation de la République de Guinée pour avoir financé entièrement à travers le projet formation des formateurs de 1000 PhD et 5000 Masters et tous ceux qui ont apporté leur contribution pour le perfectionnement de ce travail.

REFERENCES

- [1] Karesh, W. B., et al. (2020). One Health Approach to Emerging Zoonoses. *Nature Reviews Microbiology*.
- [2] Jones, K. E., et al. (2021). Zoonotic Spillover and Emerging Infectious Diseases. *The Lancet Planetary Health*.
- [3] Murray, K. A., et al. (2022). Global Patterns of Zoonotic Disease Transmission. *Science Advances*.
- [4] Bouabré, G. M., Koné-Fofana, S., & Kambou, G. T. (2023). Zoonoses et le parc national de la Comoé au nord-est de la Côte d'Ivoire. *Bulletin de Santé Publique de Côte d'Ivoire*, 01 (004), 14 p.
- [5] Wild Chimpanzee Foundation (WCF). (2023). Annual Report on Biodiversity Conservation in Guinea.
- [6] Kock, F., Nørfelt, A., Josiassen, A., Assaf, A. G., & Tsionas, M. G. (2020). Understanding the COVID-19 tourist psyche: The evolutionary tourism paradigm. *Annals of tourism research*, 85, 103053.
- [7] Feussom, K. J. M., Ikoum, D., & Momballa-Mbun, C. (2024). Analyse de risque des zoonoses le long de la chaîne de valeur de la viande de brousse au Cameroun: Cas des régions de l'Est et du Littoral. *Évaluation des paramètres de légalité, de durabilité et de sécurité*.
- [8] Boudoua, E. B. (2021). *Rôle des systèmes de veille sanitaire dans la détection et diffusion des signaux d'émergence des maladies infectieuses animales et zoonotiques*. Paris, France.
- [9] Rivière, J. (2016). *Évaluation du dispositif de surveillance de la tuberculose bovine dans la faune sauvage en France à l'aide de méthodes épidémiologique, économique et sociologique*. Université Paris-Saclay. <https://theses.hal.science/tel-01362997v1>.

Les déterminants d'un climat électoral apaisé au Togo: Une analyse à partir de l'exemple des élections de 2007, 2010 et 2013

[The determinants of a peaceful electoral climate in Togo: An analysis based on the example of the elections of 2007, 2010 and 2013]

Adjeta Essossinam

Département de Sociologie, Université de Kara, Kara, Togo

Copyright © 2025 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: Since the start of democratic transitions in 1990, African states, including Togo, have often experienced violence during electoral periods. This concerns violence before, during and after the elections calling into question the organizational conditions or the results proclaimed by the competent institutions. As a result, the organization of free, transparent, peaceful elections, the results of which will not be questioned or contested in the streets, becomes for African States both a challenge and a requirement. Despite the violence observed during certain electoral consultations, Togo succeeded in meeting the challenge of organizing peaceful elections. The present research aims to analyze the determinants of the peaceful elections of 2007, 2010 and 2013 in Togo. To achieve this objective, we used a mixed methodology which combined documentary research and empirical research carried out in the field through observation and individual interviews with the target population. The results of the research reveal that the assistance of international bodies, the reform of the conditions for organizing elections and the establishment of the Truth, Justice and Reconciliation Commission (CVJR) made it possible to pacify the political climate and avoid the violence.

KEYWORDS: determinants, calmed climate, election, Togo.

RESUME: Depuis le début des transitions démocratiques en 1990, les Etats africains dont le Togo, ont souvent connu des violences en périodes électorales. Il s'agit des violences avant, pendant et après les élections mettant en cause les conditions d'organisation ou les résultats proclamés par les institutions compétentes. De ce fait, l'organisation des élections libres, transparentes, apaisées et dont les résultats ne connaîtront aucune remise en cause ou contestation dans les rues, devient pour les Etats africains à la fois un défi et une exigence. Malgré les violences observées lors de certaines consultations électorales, le Togo a réussi de relever le défi en matière d'organisation d'élections apaisées. La présente recherche a pour objectif d'analyser les déterminants des élections apaisées de 2007, 2010 et 2013 au Togo. Pour atteindre cet objectif, nous avons fait usage d'une méthodologie mixte qui a combiné la recherche documentaire et celles empiriques menées sur le terrain à travers une observation et des entretiens individuels auprès de la population cible. Les résultats de la recherche révèlent que l'assistance des instances internationales, la réforme des conditions d'organisation des élections et la mise en place de la Commission Vérité Justice et Réconciliation (CVJR) ont permis de pacifier le climat politique et d'éviter la violence.

MOTS-CLEFS: déterminants, climat apaisé, élection, Togo.

1 INTRODUCTION

Dans une démocratie, l'autorité du gouvernement n'émane que du consentement des gouvernés. Le principal mécanisme qui traduit ce consentement en autorité gouvernementale est la tenue des élections libres et honnêtes. Comme disait KOFFI Annan (Secrétaire général de l'ONU de 1999 à 2006) le 28 Juillet 1997 lors de la Conférence internationale sur la Gouvernance au service du développement durable et de l'équité en ces termes:

C'est sur la volonté du peuple que doit reposer le pouvoir gouvernemental. C'est cette volonté qui est le fondement de la démocratie; le fondement de la bonne gouvernance. La bonne gouvernance donnera à tous les citoyens [...] un intérêt réel et durable pour l'avenir de leur société [...] avenir à la fois politique, économique, sociale.

Ainsi, toutes les démocraties modernes organisent les élections, mais toutes ces élections ne sont pas démocratiques. Nombreux sont ces pays africains qui ont été épinglés et mis au ban de la communauté internationale pour déficit démocratique né d'interminables crises politiques. En effet, la communauté internationale qui était originellement permissive sur la gestion politique des Etats a fait désormais de la légitimité démocratique une condition de reconnaissance des gouvernements. De nombreuses crises d'ordre politique, social, économique et institutionnel ont abouti à des révolutions ou soulèvements populaires, à des rébellions et, pire encore, à des coups d'Etat militaires. Les séries de coups d'Etat, formes décriées d'accession antidémocratique au pouvoir, mais prisées des pays africains majoritairement francophones, ont jalonné l'histoire de ces pays depuis leur accession à la souveraineté internationale. Si les années 1960 ont été considérées comme celles des indépendances et des régimes de partis uniques caractérisés par une gestion opaque, partisane ou clanique des affaires de l'Etat, les années 1990 au contraire ont rimé avec démocratie, multipartisme et un cortège de conférences nationales ou d'assises nationales devant servir de cadres transitionnels des Etats vers la démocratie, en passant par une refondation des républiques fortement troublées à l'époque par des revendications populaires de nature démocratique (Biléou Sakpane-Gbati, 2011).

Organiser les élections libres, transparentes, apaisées et dont les résultats ne connaîtront aucune remise en cause ou contestation dans les rues, devient pour les Etats africains à la fois un défi et une exigence. Depuis le démarrage de ce que l'on appelle les *transitions démocratiques* inaugurées en 1990 par le Bénin, l'Afrique voit se dérouler une série d'élections paisibles, tant sur le plan national que local; elles s'effectuent dans un contexte de pluralisme politique qui leur donne une toute autre signification, celle d'une compétition et d'un libre choix entre diverses formations politiques et non pas seulement d'un affrontement entre individus comme l'avait organisé certains pays. Désormais, les partis au pouvoir commencent à perdre les élections et leurs résultats sont acceptés même lorsqu'ils sont défavorables aux sortants: plusieurs chefs d'Etat au Bénin à plusieurs reprises, à Madagascar, au Congo ou encore au Sénégal ont ainsi été battus et se sont inclinés. Les décisions du juge électoral sont respectées comme ce fut le cas de façon spectaculaire au Mali lorsque la Cour suprême annula l'ensemble des élections législatives de 1997 et fit procéder à l'organisation d'un nouveau premier tour (Jean du Bois de Gaudusson, 2003).

Ce sont là autant d'évènements et d'évolutions qui attestent de la modification des comportements politiques vis-à-vis de l'élection, du droit et de son juge et d'une nouvelle vision du politique en Afrique. Si, comme l'enseigne depuis longtemps les théoriciens du politique, les élections disputées ne sauraient à elles seules être un gage de démocratie, elles n'en sont pas moins, quelles que soient leurs limites, une condition nécessaire du développement démocratique.

Avec l'enclenchement du processus de démocratisation depuis 1990, les élections pluralistes sont d'actualité au Togo. Il est de plus en plus questions d'élections présidentielles et législatives et récemment d'élections municipales (en 2019) et celles régionales (en 2024). Ainsi, les présidentielles ont été organisées en 1993, 1998, 2003, 2005, 2010, 2015 et 2020. Les législatives quant à elles, ont eu lieu en 1994, 1999, 2002, 2007, 2013, 2018 et 2024. La plupart de ces élections ayant connu la participation de l'opposition ont été violemment contestée. Les tensions résultantes ont freiné le développement économique du pays et maintenu 61,7% des Togolais dans la pauvreté (Togo-presse, N° 7738 du 10 mars 2008, p. 4).

Ainsi, en 2005, l'élection présidentielle controversée avait provoqué de violentes manifestations. Selon un rapport des Nations Unies, plus de 500 personnes avaient trouvé la mort, des milliers d'autres avaient été blessées et plusieurs milliers de personnes avaient également trouvé refuge dans les pays voisins (PNUD info, N°08 de Janvier-Mars 2010: 1). Tous ces constats découlent de la contestation des cadres institutionnel et organisationnel des élections. Toutefois, après 2005, les élections de 2007, 2010 et 2013 se sont déroulées dans un climat relativement apaisé.

En octobre 2007, aucun incident majeur n'a pu émailler les opérations de vote. Plus de 3500 observateurs nationaux et internationaux ont supervisé ces législatives. Ceux-ci ont témoigné le bon déroulement du scrutin. A ce propos, un observateur de la CEDEAO déclarait au micro de Karine Frank, journaliste de RFI: « Nous avons assisté à des élections apaisées et de manière générale à des élections transparentes » (www.rfi.com). Patrick Lawson, premier vice-président de l'UFC à l'époque, au cours

de l'émission « Appel sur l'actualité » du 28 octobre 2009 sur la chaîne radio RFI déclara : « Les législatives de 2007 sont les premières élections sans violence au Togo ».

Ensuite le Togo a organisé le 04 mars 2010 l'élection présidentielle que nombre de Togolais ont jugé comme la « plus apaisée ». Il s'agit là d'un énorme défi pour le pays dont les scrutins présidentiels et législatifs antérieurs ont souvent été émaillés de violences. Cette présidentielle est la deuxième à la magistrature suprême depuis la disparition du président Gnassingbé Eyadéma en février 2005. La mission d'observation de l'UE a reçu le mandat de conduire une évaluation complète du processus électoral de 2010, en conformité avec les standards internationaux et régionaux en matière d'organisation des élections, ainsi qu'avec les lois du Togo.

De concert avec d'autres groupes d'observation internationaux, une Mission d'Observation Electorale de l'UE cherchera à apporter une contribution positive au processus électoral mais ne s'immiscera pas dans la conduite d'une élection, ni dans la validation de ses résultats. (Manuel d'observation électorale de l'Union européenne, 2008, p. 17).

Le jour du scrutin, les observateurs de la Mission ont visité 657 bureaux de vote sur 5930 (soit 11%) dans les 35¹ préfectures du pays pour y observer le vote et le dépouillement. Cette Mission est restée dans le pays pour observer les développements postélectoraux, en particulier, la centralisation des résultats dans les Commissions Electorales Locales Indépendantes (CELI) et à la Commission Electorale Nationale Indépendante (CENI). Elle a également suivi le traitement du contentieux électoral, jusqu'à la proclamation des résultats par la Cour constitutionnelle le 18 mars 2010 (Rapport MOE UE, 2010, p. 3).

Cependant, des mesures insuffisantes de transparence n'ont pas toujours permis d'assurer la confiance de tous les acteurs dans l'administration électorale. Le taux de participation fut plus modeste qu'en 2007. Avec près de 65%, à comparer avec les 85 % lors du scrutin législatif trois ans plutôt, il est indicatif, entre autres, de la contestation profonde par l'opposition du processus électoral, tant dans ses aspects techniques que dans son calendrier de mise en œuvre. Malgré ce climat, le calme dans lequel cette élection s'est déroulée souligne des progrès notables et contraste favorablement avec les événements de 2005 (Rapport MOE UE, op. cit., p. 3).

En effet, l'appui des partenaires en développement au processus électoral de 2010 au Togo remonte à 2007, à l'occasion des législatives, qui avaient permis d'asseoir un parlement démocratique et pluraliste. Encouragés par les progrès réalisés et soucieux de consolider les acquis, le Gouvernement togolais, la Commission Electorale Nationale Indépendante (CENI) et le Programme des Nations Unies pour le développement ont mis en place, en décembre 2009, un nouveau projet d'appui aux cycles électoraux, dont la gestion a été confiée au PNUD. Sur cette base, une convention de contribution a été conclue entre le PNUD et la délégation de l'Union européenne. Depuis lors, le projet a pris son rythme de croisière, avec l'engagement effectif des opérations de révision du fichier électoral, le renforcement des capacités opérationnelles de la CENI, la promotion de la culture démocratique et l'appui à l'observation nationale (Rapport MOE UE, op. cit., p. 2).

A la veille des législatives de 2013, la situation sociopolitique était tendue à cause de la forte tension qui a prévalu entre les acteurs de l'opposition et ceux du parti au pouvoir. Dans le cadre du dialogue entre les acteurs politiques, la coalition Arc-En-Ciel, le Collectif Sauvons le Togo et le Gouvernement se sont rencontrés le 14 juin puis les 5, 6, 8 et 9 juillet 2013 au siège de la Conférence Episcopale du Togo, sous la médiation de Monseigneur Barrigah, évêque d'Atakpamé, en présence de Son Excellence Monsieur Robert Whitehead, Ambassadeur des Etats Unis au Togo. Ces rencontres ont permis d'aborder plusieurs sujets relatifs d'une part à l'apaisement du climat sociopolitique et, d'autre part, à l'amélioration du processus électoral en cours. Résultat, « les élections législatives togolaises du 25 juillet 2013 se sont déroulées dans le calme; aucun incident majeur d'ordre sécuritaire n'est venu perturber les opérations électorales » (Rapport Intérimaire N°5 de l'UE, du 24-30 juillet 2013). Le ministre de la sécurité et de la protection civile, déclarait lors de l'évaluation des activités de la FOSEL 2013 qu'« en rééditant les exploits de 2007 et 2010, les Togolais doivent avoir foi en l'avenir et comprendre qu'au Togo le spectre de violence électorale est en train de disparaître » (Togo Presse, N° 9104 du 23/08/2013, p. 4).

Au regard de ce qui précède, la présente recherche se propose d'analyser les déterminants des élections apaisées de 2007, 2010 et 2013 au Togo. Il revient de s'interroger sur les déterminants des élections apaisées au Togo. Pourquoi les élections de 2007, 2010 et 2013 ont connu moins de violence ? Quels sont les facteurs qui expliquent le bon déroulement de ces scrutins ?

¹ Actuellement le Togo est subdivisé en 39 préfectures

2 CADRE DE RÉFÉRENCE THÉORIQUE

Nous avons analysé les résultats de cette recherche par analogie à certaines théories. La théorie systémique de David Easton est le premier modèle théorique. L'auteur définit un système comme « un ensemble de variables, quel que soit le degré de relation entre elles ». La vie politique peut ainsi se conceptualiser comme un processus où le système politique est capable d'intervenir positivement dans ses relations avec l'environnement, parce qu'il a la capacité de produire des solutions d'adaptation aux pressions de l'environnement et qu'à leur tour ces solutions réagissent sur l'environnement. L'analyse systémique distingue deux types d'environnement qui sont en interaction avec le système politique: l'environnement extrasociétal et l'environnement intrasociétal.

La théorie systémique nous a permis de faire des analyses macroscopiques et de comprendre l'ensemble des facteurs qui conditionnent les transformations d'un système politique particulier comme celui du Togo. Mais cette théorie ne peut à elle seule expliquer le phénomène. Le système politique d'Easton ne prend en compte qu'une partie de la vie politique.

La théorie libérale est le deuxième modèle d'analyse dans le cadre de cette recherche. Selon cette théorie, le rôle de la communauté internationale est d'assurer la cohésion et l'ordre, ce qui implique qu'elle doit être neutre et au-dessus des conflits entre intérêts particuliers. Sa fonction est de garantir l'égalité de tous les pays devant les textes tout en évitant de s'ingérer dans leurs affaires intérieures où chaque pays reste libre de promouvoir ses intérêts à condition de ne pas restreindre la liberté de ces citoyens et des autres pays. Selon J.-J. Rousseau, l'adhésion à une organisation expose l'adhérent à des contraintes volontaires acceptées au départ de son accord d'adhésion.

3 MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

Dans le cadre de cette recherche, nous avons adopté une méthode mixte ayant permis d'assurer la scientificité des résultats et leur opérationnalisation. Il s'agit d'une démarche qui a combiné la recherche documentaire et celles empiriques menées sur le terrain à travers une observation et des entretiens individuels auprès de la population cible. Le champ de l'étude est la ville de Lomé. Le choix de Lomé n'est pas un hasard. Etant la capitale du Togo où existent toutes les composantes ethniques, régionalistes et raciales, Lomé constitue une ville où les activités politiques sont intenses. Presque tous les partis politiques y ont leurs sièges. Composée de toutes les couches sociopolitiques, Lomé est le lieu où siègent les représentations des institutions internationales. Ce qui a permis de prendre en compte toutes leurs actions en faveur de la paix dans l'analyse du déroulement des élections au Togo. L'univers d'enquête est composé des individus instruits ou non, âgés de 18 ans et plus et résidant à Lomé.

Sur le plan quantitatif, un échantillon de 169 personnes a été interrogé au moyen d'un questionnaire. Quant aux données qualitatives, elles ont été collectées à l'aide d'un guide d'entretien adressé à 11 personnes ressources (2 représentants des institutions internationales, 4 responsables des organisations de la société civile et 5 leaders des partis politiques). Le dépouillement des informations quantitatives recueillies sur le terrain a été fait à l'aide du logiciel S.P.S.S tandis que les données qualitatives sont traitées manuellement.

4 RÉSULTATS DE LA RECHERCHE

Les résultats de cette recherche révèlent que les déterminants du climat apaisé en périodes électorales de 2007, 2010 et 2013 au Togo sont multidimensionnels. Ces déterminants sont de deux ordres: les facteurs externes et ceux internes.

4.1 LA CONTRIBUTION DE LA COMMUNAUTÉ INTERNATIONALE DANS LE DÉROULEMENT DES ÉLECTIONS APAISÉES AU TOGO

Pour promouvoir des élections libres et régulières, le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) offre une assistance électorale stratégique aux Etats dont le Togo, à divers niveaux du processus électoral.

4.1.1 ASSISTANCE FINANCIÈRE, TECHNIQUE ET LOGISTIQUE DES PARTENAIRES

Au Togo, suite aux violences de 2005 à l'arrivée du Président Faure Gnassingbé au pouvoir, en accord avec l'Organisation des Nations Unies et le Programme des Nations Unies pour le Développement, l'Union Européenne a soutenu le pays dans les processus électoraux et la construction de l'Etat de droit, par ses Missions d'Observation Electorale et ses financements.

En 2007, sur la base des progrès accomplis par le Togo dans la mise en application des 22 engagements auxquels il a souscrit en avril 2004 auprès de l'Union Européenne (UE) et dont les grands traits sont repris dans l'Accord Politique Global (APG) en

2006, les partenaires du Togo ont mis à la disposition de la CENI, début juin 2007, près de 13 milliards de francs CFA. Ces partenaires sont entre autres l'UE, les Nations Unies, la France, l'Allemagne et les Etats-Unis. Ce fonds a constitué un vivier financier pour la commission électorale pour l'organisation des législatives de 2007. Cette manne financière étrangère dont disposait la CENI a servi d'appoint à son propre budget approuvé le 05 avril 2007 en conseil des ministres et évalué à 18 milliards de francs CFA. Les résultats empiriques illustrent bien cet état de chose lorsque la majorité et une proportion non négligeable des interviewés révèlent respectivement « efficace » (42,52%) et « très efficace » (32,93%) l'apport financier des Organisations Internationales pour l'organisation des élections au Togo.

Par ce résultat, on constate que la plupart des togolais sont conscients du rôle important que joue la communauté internationale dans le processus de démocratisation du pays. Cela témoigne de l'appui important souvent accordé à la société civile dans le cadre de la consolidation de la démocratie. Cet appui permet à la société civile de prendre part au processus des consultations électorales par ses missions d'observation électorale.

Sur le plan technique et logistique, le Gouvernement togolais a mis à la disposition de la CENI 2 685 kits informatiques grâce à l'appui des partenaires au développement en l'occurrence le PNUD. L'utilisation de ces kits pour faire le recensement électoral a permis d'établir un nouveau fichier électoral fiable et sécurisé. Le jour du scrutin le 14 octobre 2007, aucun incident majeur n'a pu émailler le vote. Après celui de 2007, un nouveau projet d'appui aux cycles électoraux, dont la gestion a été confiée au PNUD en décembre 2009 a continué avec la consolidation du cadre électoral et la pérennisation des acquis, de manière à baliser le chemin aux scrutins futurs.

En 2010, l'Union européenne a financé à hauteur de 12,5 millions d'euros l'organisation de l'élection présidentielle, et a envoyé une mission d'observation. Elle était le garant attendu des résultats comme premier donateur et observateur. Selon le site icilome.com, en 2013 les dépenses engagées lors du processus s'élèvent à 11 391 218 389 francs CFA. Pour le Journal l'Union du 24 décembre 2012, le Président de la CENI déclarait à l'époque: « qu'il faudra la bagatelle de 8,914 milliards de francs CFA pour tenir le scrutin de 2013. L'Etat en a déjà inscrit au budget 2013 la somme de 5 milliards de francs CFA. Le gap est à financer par les bailleurs de fonds ». Cependant, les législatives de 2013 ont été particulièrement financées par l'Etat togolais.

Eu égard aux investissements énormes en vue de la consolidation de la démocratie en général et des processus électoraux en particulier, les principaux donateurs, usent de leur influence pour l'apaisement du climat politique dans le pays. Ce fut le cas de la levée des inculpations et la libération suite aux incendies des marchés de tous les responsables des partis politiques et associations membres du CST, conformément aux engagements pris par le Gouvernement togolais, au cours des discussions politiques préélectorales en juillet 2013 à Lomé initiées par monsieur Robert Whitehead, Ambassadeur des Etats Unis et parrainée par Mgr Nicodème Barrigah, Evêque d'Atakpamé.

4.1.2 APPUI À L'OBSERVATION ÉLECTORALE DES PARTENAIRES

Dans l'ensemble, les observateurs internationaux peuvent poser aux autorités électorales du pays hôte des questions relatives à la préparation et au déroulement des opérations de vote, leur rapporter des anomalies constatées sans jamais entraver aux opérations en cours. Ils peuvent contresigner les procès-verbaux des résultats et y consigner leurs observations et contestations. Au terme des élections, ils doivent élaborer un rapport circonstancié dans lequel ils portent un jugement officiel sur la validité et la crédibilité du processus électoral dans son ensemble; et en conséquence, sur la légitimité dont peuvent se prévaloir les personnes élues. Ce rapport doit être adressé aux autorités électorales du pays hôte et à leur organisme de rattachement. En 2007, plus de 3500 observateurs nationaux et internationaux ont supervisé ces législatives. En 2010, au total, 130 observateurs, ressortissants de 25 des 27 Etats membres de l'Union européenne (UE) et de la Suisse en tant qu'Etat associé, ont été déployés dans les 35² préfectures du pays.

En 2013, l'appui de l'UE était limité à l'observation électorale nationale par le truchement de la société civile visant à renforcer les capacités en matière d'observation des organisations de la société civile engagées dans l'observation électorale. Ainsi, l'institut Gorée a signé un contrat de financement avec la Délégation de l'UE basée au Togo en décembre 2012. Dans la mise en œuvre du contrat, l'institut Gorée avait associé un consortium de 35 organisations de la société civile togolaise. Sur

² Le Togo comptait 35 préfectures en 2013 ; contrairement à 39 préfectures aujourd'hui en raison de la création de 4 nouvelles préfectures en 2018.

toute l'étendue du territoire, la mission d'observation de Gorée institut a déployé 960 observateurs (nationaux et internationaux) y compris des moniteurs et superviseurs.

Certes, une mission d'observation électorale ne garantit pas la transparence à 100% du scrutin, mais la présence de missions d'observateurs électoraux dans un pays avant, pendant et après les élections réduit le risque d'une flambée de violence comme le déclare cet enquêté en ces termes:

Une élection sans les observateurs internationaux ne nous rassure pas en termes de transparence parce que les organisateurs des élections au Togo sont habitués aux pratiques de fraude pour empêcher la vérité des urnes. La présence des partenaires en mission d'observation limite les velléités en matière de fraude et des irrégularités qu'on observe souvent.

La décision d'envoyer des équipes d'observation est nécessaire pour dissuader les semeurs de troubles. Les instances régionales peuvent apporter une contribution utile en veillant à ce que soient mises au point des lignes directrices sur la tenue d'élections libres et régulières. Par exemple, l'Union africaine a mis au point une Charte de la démocratie, des élections et de la gouvernance. Ces textes servent de base aux missions d'observation des élections dans les Etats membres. Ainsi, la crédibilité des résultats dépend en partie de la certification des observateurs électoraux.

4.1.3 LE RENFORCEMENT DU PROCESSUS ÉLECTORAL ET INSTAURATION DE L'ESPRIT DE DIALOGUE ENTRE LES ACTEURS POLITIQUES

Le droit de vote, la liberté de voter en toute sécurité et le droit au secret du vote sont tous des droits fondamentaux et constitutionnels. A ce titre, ils doivent être garantis à tous les citoyens. L'intervention de la communauté internationale qui constitue plus des opérations d'observations voire de vérification ou de certification du processus électoral, porte sur: les opérations d'enrôlement des électeurs et la constitution d'un fichier électoral fiable et crédible qui doivent se faire sans intimidation ni exclusion; les conditions d'éligibilités qui doivent être les mêmes pour tous; l'accès libre et équitable aux médias; la disponibilité équitable et fiable du matériel électoral (urnes transparentes et scellées, isolements, bulletins de vote...); les facilités de campagne électorale; le déroulement du vote proprement dit; les opérations de décompte, de comptabilisation des voix, de transmission et de centralisation des résultats, leur compilation; le règlement des contentieux et la publication des résultats.

C'est donc par souci de vulgarisation des principes démocratiques et de leur respect par les Etats que la communauté internationale surveille sur le processus des élections africaines en l'occurrence par le biais des mandataires des organisations internationales (ONU), des organisations régionales (UE et UA) ou des organisations sous régionales (CEDEAO). Une enquêtée (actrice de la société civile) se confie à nous en ces termes: « notre rôle n'est pas de s'ingérer dans la vie politique togolaise ni d'imposer notre volonté aux togolais; mais il nous revient d'œuvrer pour l'apaisement politique dans tout le pays ».

Ainsi, en visite à Lomé, le 28 juillet 2009, le Président burkinabé, Blaise Compaoré, facilitateur du dialogue intertogolais de 2006 a rencontré les partenaires au développement du Togo, l'opposition parlementaire (UFC³, CAR⁴), la majorité parlementaire (RPT), les partis de l'opposition extra-parlementaire signataires de l'Accord Politique Global (CDPA⁵, CPP⁶, PDR⁷) et une délégation du Cadre Permanent de Dialogue et de Concertation (CPDC). A la fin de sa visite, le Président du Burkina Faso avait déclaré ceci « j'ai compris de l'esprit qui prévaut, que toutes les parties restent attachées à la conduite d'un processus équitable des présidentielles apaisées au Togo ».

Une semaine après cette visite à Lomé, le Comité d'Action pour le Renouveau (CAR), l'Union des Forces de Changement (UFC) et le Rassemblement du Peuple Togolais (RPT) se sont retrouvés à Ouagadougou, autour du facilitateur du dialogue intertogolais. Cette rencontre s'est tenue du 4 au 7 août 2009 et vise à consolider le dialogue entre les acteurs politiques en vue d'un processus électoral équitable et apaisé en 2010. A Ouagadougou, les différents partis se sont entendus sur les conditions d'éligibilité à l'élection présidentielle, en l'occurrence celles relatives à la nationalité et au quitus fiscal. Les trois délégations se sont accordées sur leur assouplissement afin de permettre aux candidats potentiels de se présenter à la compétition électorale de 2010. Aussi, les protagonistes ont-ils reconnu « la nécessité de renforcer, au sein de la CENI, le

³ UFC : Union des Forces du Changement

⁴ CAR : Comité d'Action pour le Renouveau

⁵ CDPA : Convention Démocratique des Peuples Africains

⁶ CPP : Convergence Patriotique Panafricaine

⁷ PDR : Parti pour la Démocratie et le Renouveau

Secrétariat administratif chargé de lui apporter un appui technique pour l'organisation pratique des élections", a indiqué le communiqué final des travaux. De même, à la veille des élections législatives du 25 juillet 2013, le Président ivoirien Alassane Ouattara avec son homologue du Nigéria, Goodluck Jonathan, ont effectué une visite au Togo pour apporter le soutien de la CEDEAO au bon déroulement du scrutin.

4.2 LE CONTEXTE SOCIOPOLITIQUE APRÈS LE DÉCÈS DU PRÉSIDENT EYADEMA ET L'ORGANISATION DES ÉLECTIONS SANS VIOLENCE

Certains Togolais se sont résignés parce qu'ils ne croient pas que des élections transparentes et libres sont possibles au Togo. Ils se souviennent aussi de la violence de l'élection présidentielle de 2005 et ne veulent pas que cela se reproduise.

4.2.1 EFFET DU TRAUMATISME DES VIOLENCES ÉLECTORALES PASSÉES SUR LES ÉLECTIONS DE 2007, 2010 ET 2013

Les résultats de la recherche révèlent que l'une des causes pour lesquelles les scrutins qui ont suivi celui de 2005 n'ont pas connu de violence est le traumatisme causé par les violences électorales à la suite du décès du Président GNASSINGBE Eyadéma. En effet, 31,73% des personnes enquêtées dans le cadre de cette recherche expliquent cette accalmie par la peur de certains citoyens d'être réprimé tandis que 36,53% du même échantillon d'enquête justifient cet état de chose par la déception et le découragement vis-à-vis de la politique.

La décision des Forces Armées Togolaises de confier le pouvoir à Monsieur Faure Essozimna GNASSINGBE suite au décès du président Eyadéma le 5 février 2005 a été vivement condamnée sur le plan national et international au regard de son caractère anticonstitutionnel. Au niveau national, les partis de l'opposition ont demandé le retour à la légalité constitutionnelle avec la mise en place « d'une transition consensuelle », devant déboucher sur les élections présidentielle et législatives sous l'égide de la communauté internationale.

Le 6 février 2005, l'opposition annonce sa volonté de contester cette décision par des manifestations pacifiques malgré l'interdiction par le ministre de l'Intérieur, toutes les manifestations publiques en raison du deuil national de deux mois décrété par le gouvernement pour « honorer la mémoire du Président défunt ». Le 12 février 2005, certains partis politiques de l'opposition ont organisé une première manifestation pour exiger le retour à l'ordre constitutionnel après l'investiture officielle de Monsieur Faure Essozimna Gnassingbé le 7 février 2005 comme nouveau Président du Togo. Dès cette date, des manifestations pacifiques et des journées villes mortes ont eu lieu de manière improvisée à Lomé et dans certaines villes de l'intérieur du pays. Ces manifestations ont fait l'objet de répressions par les forces de sécurité.

Une autre marche de protestation, organisée le 27 février 2005 par des organisations de femmes réclamant le retour à l'ordre constitutionnel, s'est terminée par des affrontements entre les forces de sécurité et les manifestants. Selon la déclaration de la coalition de l'opposition le 29 avril 2005, des corps sans vie ont été retrouvés dans la lagune de Bè, quartier de Lomé réputé hostile au parti au pouvoir. C'est ainsi qu'un de nos enquêtés résidant dans ce quartier nous a dit ceci :

Pendant la période des élections, le quartier Bè où j'habite connaît toujours des violences. Tout le monde est considéré ici comme opposant. Lorsque les agents des forces de sécurité arrivent pour réprimer une marche de contestation, ils ne distinguent pas les manifestants de ceux qui ne manifestent pas.

Par voie de communiqué de presse en date du 5 avril 2005, la coalition de l'opposition a lancé un appel à l'endroit de la population togolaise à défendre leur droit à la liberté et à la démocratie en manifestant massivement sur toute l'étendue du territoire pour exiger la reprise du processus de révision des listes électorales et le report de la date du scrutin présidentiel, à compter du 6 avril 2005 jusqu'à l'obtention de leurs exigences. La coalition a aussi demandé aux populations togolaises de rester mobilisées et vigilantes jusqu'à la victoire finale. Dans un tel contexte de défiance, plusieurs blessés ont été officiellement recensés par les services de l'Etat à la suite de violents affrontements qui ont eu lieu le 16 avril 2005 dans les rues de Lomé entre les militants du RPT et ceux de la coalition.

La démission de monsieur François Boko, ministre de l'Intérieur en charge de l'organisation de l'élection présidentielle dans la nuit du 21 au 22 avril 2005 a été un événement qui a détérioré le climat politique. Sa démission est suivie d'une conférence de presse lors de laquelle il a demandé le report de l'élection en raison du climat politique délétère dans lequel s'est déroulée la campagne électorale émaillée de violences et de la menace d'une guerre civile. Cette démission du ministre a été perçue par les partisans de l'opposition comme un acte de bravoure tandis que les partisans du parti au pouvoir (RPT) considèrent cette démission du ministre François Boko comme un acte de trahison et de lâcheté. Un enquêté se prononce en ces termes : « comment peut-on admettre que le ministre qui est en charge de l'organisation des élections qui a toujours déclaré que tout se déroule bien puisse démissionner et demander le report de l'élection à 48 heures du jour des opérations de vote ? C'est un traître et un lâche ».

La proclamation des résultats à l'issue des opérations de vote du 24 avril 2024 a constitué le début du déclenchement des plus graves violences politiques et des violations systématiques des droits de l'homme. Les sympathisants et les militants de l'opposition ont contesté la validité des résultats par des manifestations dans les rues de Lomé et de certaines localités du pays. En réponse à cette violence qui gagnait du terrain, les partisans du RPT ont déclenché des actions de riposte avec des affrontements qui ont fait un grand nombre de victimes, de destructions de biens et de propriétés. De violentes manifestations se sont également produites dans d'autres villes notamment à Atakpamé, à Aného, à Kpalimé, à Mango, à Sokodé et à Tsévié. Ces violences sont à l'origine des déplacements importants de personnes dans le pays ainsi qu'un afflux massif de réfugiés au Ghana et au Bénin.

Les contestataires ont encore les séquelles des violences de 2005. Pour preuve, lors des audiences publiques de la CVJR à Lomé, un déposant a affirmé qu'il avait encore des débris de balle dans son corps et qu'il lui fallait suivre une opération chirurgicale. Certains ont perdu des parents, leurs enfants, leurs conjoints et ne souhaiteraient plus revivre ces événements. Ce qui justifie en partie cette baisse de violence en 2007, 2010 et 2013.

4.2.2 AMÉLIORATION DES CONDITIONS D'ORGANISATION ET ÉLECTIONS APAISÉES AU TOGO

Les résultats de cette étude laissent entrevoir que l'organisation des législatives de 2007 a été une grande réussite et a permis de mettre en place un nouveau fichier électoral avec des données statistiques récentes et fiables. Les enquêtés ont une bonne appréciation des conditions d'organisation des élections législatives de 2007. Ils sont respectivement 31,14% et 38,32% de l'échantillon d'enquête à apprécier de « très bonnes » et « bonnes » le cadre organisationnel du scrutin en 2007. Pour le compte de l'élection présidentielle de 2010, 48,50% des personnes interrogées trouvent que les conditions d'organisation du scrutin sont « bonnes » contre 52,33% du même échantillon des répondants qui trouvent l'organisation des législatives de 2013 « bonne ».

Il convient de souligner que cette appréciation globalement positive des conditions d'organisation des élections de 2007, 2010 et 2013 sont le fruit d'une volonté des acteurs politiques d'assainir les cadres institutionnel et organisationnel des processus électoraux. En effet, conformément au code électoral, la Commission Electorale Nationale Indépendante, au sein de laquelle siégeaient tous ses membres est l'institution en charge de l'organisation de ces élections. Ensuite, la représentation des membres des CELI qui fut consensuelle a été un grand atout. Enfin, le recensement électoral n'a pas causé trop de problèmes. Les cartes d'électeurs infalsifiables et sécurisées étaient délivrées séance tenante dans les centres de recensement et de vote (CRV). C'est à juste titre que la majorité des enquêtés trouvent « bonnes » et « très bonnes » les conditions d'organisation des législatives de 2007.

En 2010, grâce à l'intervention du facilitateur, Blaise COMPOARE, il a fallu surmonter de nombreuses difficultés au début du processus: la nomination des personnes qui peuvent faire partie de la Commission Electorale Nationale Indépendante (CENI), le choix de son président, plus tard les relations contentieuses entre les partis d'opposition, le parti au pouvoir et le gouvernement. Ainsi, composée de 17 membres (5 représentants du parti au pouvoir, 5 représentants des partis de l'opposition parlementaire, 3 représentants de partis extraparlimentaires, 3 représentants de la société civile et 1 représentant de l'administration), la CENI était chargée de l'organisation et la supervision de l'ensemble du processus électoral. Cela était question de la mise en place des Commissions Electorales Locales Indépendantes (CELI) et la nomination des membres des Comités des Listes et Cartes (CLC) qui ont en charge l'inscription des nouveaux électeurs, la correction de la liste électorale existante et la délivrance des cartes d'électeurs numériques. La CENI a recruté et formé également des techniciens informatiques et d'autres agents électoraux. De même, elle a géré le budget fourni par le gouvernement et le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD).

Après plusieurs reports à cause de la contestation du processus par l'opposition, les législatives ont finalement eu lieu le 25 juillet 2013. Les responsables des partis de l'opposition estimaient que les conditions n'étaient pas réunies pour un scrutin transparent, juste et équitable. Le Collectif Sauvons le Togo (CST) pointe du doigt les institutions. L'un des leaders de ce collectif a dit ceci: « les institutions qui sont impliquées dans le cadre de l'organisation des élections, la CENI, la Cour Constitutionnelle et la HAAC ne présentent aucun gage d'impartialité et d'indépendance pour qu'on pense que ces élections seront transparentes ». Quant à la coalition Arc-en-Ciel, elle n'entendait pas prendre part à ces législatives si certains points n'étaient pas réglés. Sa coordinatrice, Brigitte Kafui ADJAMAGBO-JOHNSON exige la libération de leurs collègues de l'opposition indûment emprisonnés et la résolution de la question du vote par procuration.

Autre point de débat, la sécurité et l'accès à toutes les localités, plus particulièrement à Kara. Dans cette région, une organisation dénommée les Défenseurs Intrépides de la Démocratie et de la Patrie (DIDP) séviraient et empêcheraient toute réunion de l'opposition. Face à ces revendications, le ministre de la Sécurité, Colonel YARK Damehane, assure qu'il « n'y aura pas un coin de notre territoire qui sera interdit à qui que ce soit. La loi de la République s'appliquera sur toute l'étendue du

territoire national pour que chaque candidat puisse battre sa campagne en toute sérénité ». Pour joindre l'acte à la parole, les autorités ont déployé 6000 policiers et gendarmes pour la sécurisation des élections législatives.

Selon le Ministre Bawara de l'Administration territoriale, les reports répondent à une préoccupation majeure du gouvernement qui, tout en respectant le délai constitutionnel, reste davantage soucieux d'organiser des élections apaisées, consensuelles et qui ne soient pas contestables. Le gouvernement illustre ainsi sa volonté de régler tous les facteurs de contestations susceptibles d'entacher la qualité des élections.

4.2.3 LES ENJEUX DES ÉLECTIONS

La situation socio-économique du Togo présentait de nombreuses contraintes et difficultés. Elle se caractérise par la pauvreté, les problèmes de développement, le non-respect des droits civils, politiques, sociaux, économiques et culturels. Cette situation a eu pour conséquence, une forte chute de la croissance économique entre 1991 et 2006. Selon les résultats de l'enquête « Questionnaire des Indicateurs de Base du Bien-être » (DGSCN, 2006), le Produit Intérieur Brut (PIB) a engendré une croissance négative de moins de 14%, l'indice de développement chute de 0,51 en 1995 à 0,49 en 2004, l'arrêt de la plupart des partenaires au développement, une réduction des dépenses publiques et la détérioration des infrastructures économiques et sociales. La timide et difficile mise en œuvre des 22 engagements pris par les acteurs politiques togolais à Bruxelles en 2004 est remise en cause par les troubles sociopolitiques consécutifs à la succession du Président Eyadéma GNASSINGBE entre février et mai 2005; ceci a pour résultats: une pauvreté endémique, un très faible accès aux services sociaux de base et un déficit en matière de gouvernance démocratique et économique.

Cinq ans après son premier mandat, le Président Faure GNASSINGBE n'a pas pu asseoir les bases structurelles d'une démocratie forte et d'une économie florissante. Les efforts faits par ce dernier n'ont pas été suffisants pour permettre aux Togolais de se vanter d'une démocratie apaisée où les principes forts d'une démocratie moderne balisant le terrain pour un développement économique.

Sur le plan politique, après son accession au pouvoir suite aux élections émaillées de violences en 2005, cette présidentielle de 2010, constituait une occasion pour le Président Faure Essozimna GNASSINGBE de redorer son image et assoir réellement son autorité.

En 2013 après moult péripéties et plusieurs reports, les élections législatives ont eu lieu avec la participation de la quasi-totalité des acteurs politiques togolais. Les principales personnalités animant la vie publique se sont présentées, réparties avec d'autres candidats, dans les 30 circonscriptions électorales que comptait le pays en 2013. Marquée par sa sobriété et le peu d'engouement auquel elle donne traditionnellement lieu, la campagne électorale n'a pas connu d'incidents majeurs. Les enjeux de ces élections étaient clairs: pour la majorité, remporter le scrutin et poursuivre les réformes; pour l'opposition réaliser enfin l'alternance dans la paix.

Le défi pour le pouvoir sortant qui est incarné par le jeune parti Union pour la République (UNIR⁸) qui participait pour la première fois à une compétition électorale, est d'abord de faire mieux que l'ancien parti Rassemblement du Peuple Togolais (RPT) qui avait obtenu la majorité absolue en 2007, avec 50 des 81 sièges. Pour convaincre les électeurs, ses atouts portent essentiellement sur le bilan socio-économique: développement des infrastructures, emploi des jeunes, développement à la base, soutien multiforme aux agriculteurs, mesures en faveur des secteurs sociaux. Mais également sur les avancées démocratiques en matière de liberté: liberté de presse, loi sur les manifestations, parité en politique, création de la Cour des Comptes, modernisation de la justice, renforcement des pouvoirs de la CNDH (Commission Nationale des Droits de l'Homme), ouverture politique.

4.3 L'INFLUENCE DU PROCESSUS DE RÉCONCILIATION SUR LES ÉLECTIONS DE 2010 ET 2013

Installée dans sa fonction par le Président de la République le 29 mai 2009, la Commission Vérité Justice et Réconciliation (CVJR) a contribué significativement à pacifier le climat politique au Togo. Le mandat de cette commission était de faire la lumière sur les actes de violence et les violations des droits de l'homme à caractère politique de 1958 à 2005 au Togo.

Les résultats de notre recherche montrent que la majorité des personnes interrogées trouvent la création de la CVJR respectivement « bonne » (40,72%) et « très bonne » (20,96%). Cette bonne appréciation de la création de la CVJR n'est pas

⁸ UNIR est créée le 14 avril 2012 par le Président Faure Essozimna GNASSINGBE

un hasard. Depuis sa mise en place, elle a joué un grand rôle dans l'apaisement du climat politique dans le pays. Dès lors qu'un événement conflictuel se produisait, elle était sollicitée. Ils sont 30,54% des enquêtés à apprécier de « très bien » le travail de la CVJR tandis que 18,56% du même échantillon qualifient de « bien » le travail de la commission. Une proportion non négligeable des enquêtés (20,36%) trouve le travail de la CVJR « assez bien ».

En effet, les membres de la CVJR ont eu à rencontrer dans le cadre de la sensibilisation préélectorale de 2010 les institutions, dont l'État-major, les Forces de Défense, le Ministère de la sécurité. Mgr Nicodème BARRIGAH-BENISSAN, Président de cette commission a souligné lors d'une émission spéciale sur la télévision nationale (TVT) le mercredi 8 septembre 2010 ce qui suit:

Avant l'élection présidentielle, c'était pour que chaque organe aille à cette élection avec l'apaisement qu'il faut. En faisant uniquement ce qui lui est demandé sans se donner d'autres attributions que celles qui sont prévues. Ensuite, maintenant nous sommes dans un climat où il faut consolider l'apaisement. Donc au niveau institutionnel, nous leur demandons aussi cela.

Ainsi la commission était devenue une instance vers laquelle se tournent tous les regards dès lors qu'une situation de crise se produit dans le pays. Concernant les arrestations, les responsables de cette commission intervenaient directement auprès des personnes concernées dans une discrétion totale comme nous a avoué un membre de la commission. La libération des membres du Mouvement Citoyen pour l'Alternance (MCA) avant les élections en est une parfaite illustration. Face à cette question, Mgr Nicodème BARRIGAH-BENISSAN répondait dans l'émission susmentionnée en ces termes: « Je ne voudrais pas entrer dans les détails, mais je vous dirai tout simplement que nous avons eu une implication très importante dans le dénouement de ce problème. Peut-être si vous interrogez les concernés ou si la curiosité vous pousse vers eux, ils pourront vous en parler ».

La CVJR s'est beaucoup impliquée dans la pacification du climat politique togolais à travers les missions de facilitation de son Président au regard des récurrentes crises sociopolitiques à chaque période électorale. Compte tenu de cette situation sociopolitique du pays, la commission est allée au-delà de ses prérogatives.

Il convient de rappeler que la grande majorité des enquêtés (91,30%) ont exprimé leur satisfaction de l'implication de la CVJR dans la décrispation du climat politique dans le pays.

5 DISCUSSION

Les résultats de cette étude montrent que plusieurs facteurs ont contribué à pacifier le climat lors des élections de 2007, 2010 et 2013 au Togo. Le premier facteur est la contribution de la communauté internationale par son assistance financière, technique et logistique, d'une part et son appui à l'observation électorale et au renforcement du processus électoral par l'instauration de l'esprit de dialogue entre les acteurs politiques. Le second facteur est relatif à l'amélioration des conditions d'organisation des élections au Togo, d'une part et à l'effet du traumatisme des violences électorales passées sur les élections de 2007, 2010 et 2013. Le troisième facteur est l'influence du processus de réconciliation sur les élections de 2010 et 2013.

Il est opportun de souligner que les résultats de cette étude corroborent ceux de B. Zalagoye (2005) qui pensent que les facteurs importants pour tout régime qui se veut démocratique doit faire preuve d'un niveau d'efficacité élevé pour éviter que la liberté et la compétition politique ne tournent à l'extrémisme et au conflit sont la croyance en la légitimité des gouvernants, le respect de l'opposition; une volonté de composer avec elle, ce qui implique souplesse et pragmatisme; un minimum de confiance dans le milieu politique et de coopération entre rivaux électoraux; une modération dans la prise de position; un discours marqué par la courtoisie; le souci de l'efficacité et de la participation politique.

Les résultats de cette recherche s'inscrivent dans la même logique que ceux des travaux de E. Adjeta et T. Danioué (2017). Les résultats de ces auteurs révèlent que le Togo a besoin des institutions fortes pour l'instauration d'une paix sociale, gage du développement socio-économique parce que les institutions qui ont en charge l'organisation des opérations électorales souffrent de crédibilité liée à leur inefficacité, partialité et inconstance dans la gestion des processus électoraux. Dans la même perspective des résultats de cette recherche, A-M. Essoungou (2011) avait déjà démontré par ses travaux en 2011 que les élections sont rarement le déclencheur de conflits: elles s'inscrivent généralement dans la continuité de tensions latentes, souvent anciennes, qui trouvent là l'occasion de s'exprimer. Il est donc nécessaire pour les acteurs politiques d'un pays, d'animer la vie politique par le dialogue qui débouche souvent sur l'adoption des textes consensuels. C'est dans cette logique que s'inscrit B. M. Metou (2013). Les résultats de l'auteur montrent qu'à l'issue d'un dialogue le texte adopté reste ouvert aux influences futures et extérieures, et garde une certaine souplesse pour être révisé à la veille de chaque scrutin. Selon B. M. Metou (2013), cette démarche contribue à éviter des confrontations potentiellement dangereuses et à assurer un soutien populaire au processus démocratique.

Le traumatisme que les violences électorales de 2005 ont provoqué dans la mémoire collective des victimes, est l'une des causes de la stabilité et du climat apaisé aux élections de 2007, 2010 et 2013 au Togo. En effet, par peur de revivre les événements tragiques causés par les violences lors des élections passées, certains citoyens adoptent un comportement de paix en renonçant aux attitudes et pratiques qui sont source de conflits. Ce type de comportement s'explique par la théorie du traumatisme historique de Paul Bois (1960). Selon cet auteur, la clef des clivages politiques présents est à chercher dans le passé. C'est dans cette même logique que E. Leroy-Ladurie (1973, p. 179) explique comment « en quelques années l'événement fugitif a secrété la mentalité durable; le temps court a mis en place le temps long ».

En tout état de cause, la présente recherche a donné un éclairage sur les déterminants du climat apaisé lors des élections de 2007, 2010 et 2013 au Togo. Cette étude donne l'opportunité de convenir avec E. Adjeta (2017, p. 339) qui pense qu'une élection représente l'occasion pour les forces en présence de « faire la guerre par d'autres moyens ». C'est dire que le comportement de tous les acteurs politiques et leur propre adhésion aux règles démocratiques sont souvent la clé d'une élection apaisée. La réussite de toute élection dépend de l'engagement des acteurs impliqués dans le processus à faire preuve de maturité démocratique, gage d'une élection transparente, juste, équitable, non contestable et acceptable par tous.

6 CONCLUSION

L'objectif de cette recherche étant d'analyser les déterminants des élections apaisées de 2007, 2010 et 2013 au Togo, nous avons fait usage d'une méthodologie mixte qui a combiné la recherche documentaire et celles empiriques menées sur le terrain à travers une observation et des entretiens individuels auprès de la population cible. Les résultats de la recherche montrent que l'assistance des instances internationales, la réforme des conditions d'organisation des élections et la mise en place de la Commission Vérité Justice et Réconciliation (CVJR) ont permis de pacifier le climat politique et d'éviter la violence.

En effet, plus les élections sont transparentes et reflètent le choix du peuple, plus les relations de commandement et de subordination entre les gouvernants et les gouvernés au sein de la société seront facilement acceptées. Car, la transparence des débats et l'honnêteté des consultations impliquent des garanties en amont dans l'organisation des élections mais aussi en aval, dans le respect de la volonté populaire. Après la présidentielle controversée de 2005 qui a connu des violences, le Togo a organisé des élections apaisées reconnues par la communauté internationale. Après la signature de l'Accord Politique Global (APG) le 20 août 2006, une nouvelle volonté d'organiser des élections apaisées a vu le jour entre les protagonistes de la crise togolaise. Elle a été renforcée par la communauté internationale qui a contribué à consolider le cadre électoral de 2007 ayant permis de baliser le chemin aux scrutins de 2010 et de 2013 par les campagnes de sensibilisations sur la non-violence, la démocratie, le comportement citoyen et les droits de l'homme menées par les organisations internationales et de la société civile. Les dialogues politiques ont été possibles grâce à ces sensibilisations qui ont été déterminantes pour l'apaisement politique dans le pays. Ce qui a permis d'organiser les élections dans de bonnes conditions. La création de la Commission Vérité, Justice et Réconciliation (CVJR) dont le mandat était de faire la lumière sur les actes de violence et les violations des droits de l'homme à caractère politique de 1958 à 2005, a aussi impacté positivement l'environnement politique togolais. Ainsi, critiquée au départ, cette commission a été une instance qui a éclairé les togolais sur un certain nombre de faits. A travers son président, Elle a contribué à l'apaisement des élections de 2010 et de 2013.

REFERENCES

- [1] ADJETA Essossinam, 2017, L'abstentionnisme électoral au Togo. Etude comparée d'une zone de forte et de faible participation: cas de Lomé-Commune et de la Kozah, Thèse de doctorat en Sociologie politique soutenue à l'Université de Lomé (Togo).
- [2] ADJETA Essossinam et Tamasse DANIOUE, 2017, « Perceptions politiques et phénomène d'abstentionnisme électoral au Togo. Analyse croisée entre les circonscriptions électorales de Lomé-Commune et de la Kozah », Lomé, *Etudes Togolaises*, Revue Togolaise des Sciences, Vol 11, n°1 – Janvier – Juin 2017, pp: 195-215.
- [3] ALABA Manzamasso, 2007, La Contestation des élections au Togo, Déficit de culture démocratique: exemple de l'élection présidentielle de 2005, Mémoire de Maîtrise en sociologie, Université de Lomé.
- [4] Accord Politique Global, 2006, *Dialogue intertogolais*, Lomé, le 20 août 2006.
- [5] DGSCN, Questionnaire des Indicateurs de Base de Bien-être, 2006.
- [6] DGSCN, Recensement Général de la Population et de l'Habitat (06 au 21 novembre 2010), résultats définitifs, 2011.
- [7] EASTON David, 1974, *Analyse du système politique*, Paris, Armand Colin.
- [8] ESSOUNGOU André-Michel, 2011, Elections en Afrique, entre progrès et reculs, in Afrique Renouveau. Article consulté sur le site : <http://www.un.org/africarenewal/fr/magazine/ao%C3%BBt-2011/electionsen-afrique-entre-progr%C3%A8s-et-reculs>.

- [9] Forum de la semaine (journal), N°1479 du 14 Août 2013.
- [10] GAUDUSSON Jean du Bois, 2003, « Les élections à l'épreuve de l'Afrique », in Cahiers du Conseil constitutionnel n° 13 (Dossier: La sincérité du scrutin).
Article consulté sur <http://www.conseil-constitutionnel.fr/conseilconstitutionnel/francais/nouveaux-cahiers-du-conseil/cahier-n-13/leselections-a-l-epreuve-de-l-afrique.52040.html>.
- [11] LEROY-LADURIE Emmanuel, 1973, Le Territoire de l'historien, Paris, Gallimard.
- [12] Libération (journal) du 07/05/2005.
- [13] METOU Brusil Miranda, 2013, Les codes de bonne conduite aux élections ou l'invasion du droit constitutionnel par du « droit mou » dans les démocraties nouvelles ou rétablies en Afrique noire francophone, in *Revue française de droit constitutionnel*, n°95, pp. 639-660.
- [14] PNUD info N°08 Janvier-Mars 2010.
- [15] Rapport de la mission d'établissement des faits de l'ONU sur le Togo, 2005.
- [16] Rapport de la Mission d'Observation Electorale de l'Union Européenne, 2010.
- [17] Rapport Intérimaire N°5 de l'UE, du 24-30 juillet 2013.
- [18] SAKPANE-GBATI Biléou, 2011, « La démocratie à l'africaine », *Éthique publique* [En ligne], vol. 13, n° 2 | 2011, mis en ligne le 30 octobre 2012, consulté le 06 novembre 2024. URL: <http://journals.openedition.org/ethiquepublique/679>; DOI: <https://doi.org/10.4000/ethiquepublique.679>
- [19] Togo-presse, n°7058 du vendredi 24 juin 2005.
- [20] Togo-presse, N° 7738 du 10 mars 2008.
- [21] Togo-presse, N° 8109 du 1er septembre 2009.
- [22] Togo Presse, N°9104 du 23/08/2013.
- [23] ZALAGOYE Blaise, 2005, Elections et transition démocratique en République centrafricaine, mémoire de Master en droits de l'homme et action humanitaire, soutenu à Université catholique d'Afrique centrale.

Caractérisation de familles d'hybrides de cacaoyers (*Theobroma cacao* L.) pour la productivité, la vigueur, la qualité technologique des fèves et la résistance au champ à la pourriture brune des cabosses en Côte d'Ivoire

[Characterization of families of cocoa hybrids (*Theobroma cacao* L.) for productivity, vigor, technological quality of beans and field resistance to brown pod rot in Ivory Coast]

Vanié Bi Firmin Goure^{1,2}, Mathias Gnion Tah², Honorine Brigitte Guiraud², Inago Caudou Trebissou², Klotioloma Coulibaly², Walet Pierre N'Guessan², Stanislas Kouame^{1,2}, Sandrine Minakou^{1,2}, Pepin Assi^{1,2}, Mathurin Atchi², Aidara Sekou², François N'Guessan², and Sélastique Akaffou¹

¹Université Jean Lorougnon Guede de Daloa (UJLoG), Unité de formation et de recherche en Agroforesterie, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

²Centre National de Recherche Agronomique, Station de Recherche de Divo, BP 808, Côte d'Ivoire

Copyright © 2025 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 addresses an agronomic characterization of 11 hybrid cocoa families established in 2001 at the Divo Station. Objective. This study aims to determine the characteristics of CNRA Guyanese cocoa hybrids. Eleven hybrid families including six Guyanese hybrids were evaluated in the field at the Divo station for seven parameters relating to production, vigor, pod filling and graining. The experimental design was a total randomization of single-tree plots. The Guyanese hybrids F1 (P7 x GU123-B) and F2 (P7 x GU284-B) with 1.5 kg/ha/year were more productive and resistant to black pod disease with 7% rotten pods. Concerning the technological character of the beans, three guyanese families F3 (IMC57 x GU123-B), F1 (P7 x GU123-B) and F7 (IFC11 x GU123-B) and were among the best families for the average weight of a commercial cocoa bean with respectively 1.30 g; 1.28 and 1.27. Multivariate analyses highlighted three groups, the first of which is composed of three hybrids F1, F2 and F200 (including two guyanese) productive and resistant to black pod. The second group is composed of seven hybrids F3, F4, F7, F13, F10, F14, F209 including four guyanese which were moderately productive and less vigorous and the third group includes a control hybrid F203 with good graining. This study shows that the Guyanese families F1 and F2 presented the best yield and resistance to brown pod rot. These promising results constitute an indicator for the breeder in the choice of genotypes to use as parents in the context of improving cocoa trees for certain traits of agronomic interest. The best trees of this family could be introduced into the cocoa genetic improvement program in Côte d'Ivoire.

KEYWORDS: characterization, cocoa tree, black pod, Ivory Coast.

RESUME: Description du sujet: Cet article aborde une caractérisation agronomique de 11 familles hybrides de cacaoyers mis en place en 2001 à la Station de Divo.

Objectif: Cette étude vise à déterminer les caractéristiques agronomiques et technologiques des hybrides de cacaoyers guyanais du CNRA.

Méthodologie et Résultats. Onze familles d'hybrides incluant six hybrides guyanais ont été évaluées au champ à la station de Divo pour sept paramètres portant sur la production, la vigueur, le remplissage des cabosses et le grainage. Le dispositif expérimental est une randomisation totale de parcelle mono arbre. Les hybrides guyanais F1 (P7 x GU123-B) et F2 (P7 x GU284-B) avec 1,5 kg/ha/an ont été plus productifs et résistants à la pourriture brune des cabosses avec 0,07% de cabosses pourries. Concernant le caractère technologique des fèves, trois familles guyanaises F3 (IMC57 x GU123-B), F1 (P7 x GU123-B) et F7 (IFC11 x GU123-B) ont été parmi les meilleures familles pour le poids moyen d'une fève de cacao marchand avec respectivement 1,30 g; 1,28 et 1,27. Les analyses multivariées ont mis en évidence trois groupes dont le premier est composé de trois hybrides F1, F2 et F200 (incluant deux guyanais) productifs et résistants à la

pourriture brune des cabosses. Le deuxième groupe est composé de sept hybrides F3, F4, F7, F13, F10, F14, F209 incluant quatre guyanais qui ont été moyennement productifs et moins vigoureux et le troisième groupe comprend un hybride témoin F203 présentant un bon grainage.

Conclusion et application des résultats. Il ressort de cette étude que les familles guyanaises F1 et F2 ont présenté les meilleurs rendements et résistance à la pourriture brune des cabosses. Ces résultats prometteurs constituent un indicateur pour le sélectionneur dans le choix des génotypes à utiliser comme géniteurs dans le cadre de l'amélioration du cacaoyer pour certains caractères d'intérêts agronomiques. Les meilleurs arbres de cette famille pourraient être introduits dans le programme d'amélioration génétique du cacaoyer en Côte d'Ivoire.

MOTS-CLEFS: caractérisation, cacaoyer, pourriture brune, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

Le cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) est une plante pérenne de la famille des Malvacées. Il est cultivé pour ses fruits, appelés cabosses, contenant des graines qui après fermentation et séchage vont donner le cacao marchand, matière première utilisée pour la fabrication du chocolat et de produits pharmaceutiques et cosmétiques (Alverson et al., 1999). La production d'un arbre ou d'une parcelle dépend du nombre de cabosses produites, du nombre de graines par cabosse et du poids moyen des graines (Lachenaud, 1994).

Depuis 1977, la Côte d'Ivoire est le premier pays producteur mondial de cacao marchand avec environ 40 % de la production mondiale (ICCO, 2000). Aujourd'hui, la production ivoirienne a atteint un niveau record de 2,020 millions de tonnes en 2016-2017 (ICCO, 2017). Le secteur du cacao contribue à hauteur de 10% du Produit Intérieur Brut (PIB) et 40% des recettes d'exportations (ICCO, 2014).

Malgré cette place importante occupée par la cacaoculture en Côte d'Ivoire, cette dernière est aujourd'hui confrontée à plusieurs contraintes de production parmi lesquelles figure la baisse de la productivité des vergers due à l'utilisation de matériel végétal non amélioré et la forte pression parasitaire causée entre autres, par la pourriture brune des cabosses. Pour améliorer la lutte contre la pourriture brune des cabosses, les cacaoyers provenant du groupe génétique guyanais ont été associés au programme de la sélection récurrente réciproque (Tahi et al., 2012; 2017). Cette étude a pour but de sélectionner les familles d'hybrides guyanais à la fois à hauts rendements et résistants à la pourriture brune des cabosses.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATERIEL VEGETAL

Le matériel végétal est constitué de 11 familles d'hybrides dont 6 incluant un parent appartenant au groupe génétique Guiana et un (O1) croisement témoin vulgarisé en Côte d'Ivoire (Tableau 1). En effet, les six hybrides guyanais sont issus d'un croisement factoriel incomplet 6 x 3 incluant trois mâles du groupe génétique guyanais (Motamayor et al., 2008) et 6 femelles dont 3 HA₁ et 3 BA-T₁. Les 4 autres hybrides de cette étude sont issus de deux croisements intergroupes issus du factoriel incomplet 3 x 4 impliquant d'une part, trois femelles HA₁ et 4 mâles BA-T₁ et d'autre part, deux croisements intra hauts Amazoniens.

Tableau 1. Liste des familles d'hybrides et leurs généalogies

Ordre	Familles	Croisements	Hybrides
1	1	P7 x GU 123-B	Guyanais
2	2	P7 x GU 284-A	Guyanais
3	3	IMC57 x GU 123-B	Guyanais
4	4	IMC57 x GU 175-A	Guyanais
5	7	IFC 11 x GU 123-B	Guyanais
6	10	IFC 303 x GU 175-A	Guyanais
7	13	(P7 x SCA6) x (IFC 8 x IFC 371)	Intergroupe
8	14	(P7 x SCA6) x (IFC 29 x IFC 303)	Intergroupe
9	200	P7 x SCA6	intragroupe
10	209	P7 x PA 150	intragroupe
11	203	UPA 409 x POR	Témoin vulgarisé

2.1.1 METHODES

2.1.2 DISPOSITIF EXPERIMENTAL

La parcelle a été installée suivant un dispositif expérimental en randomisation totale de parcelle mono arbre incluant 25 familles avec un nombre d'arbres par famille (répétition) variant de 45 à 55. La parcelle a été mise en place en 2001 sur une superficie de 0,96 ha suivant une densité de de 3 m x 2,5 m. L'essai comprend un seul bloc de 40 lignes de 32 pieds hormis les arbres de bordures.

2.1.3 COLLECTE DE DONNEES AGRONOMIQUES

Les données ont été collectées sur les cabosses et sur les fèves:

➤ Collecte de données sur cabosse

Les données agronomiques ont été prélevées arbre par arbre de 2003 à 2022. Elles ont porté sur les paramètres suivants:

○ Nombre total de cabosses

Il s'agit du nombre total de cabosses (NTC) produites par arbre durant toutes les campagnes de production. Il comprend le nombre de cabosses saines (NCS), pourries (NCP), rongées (NCR) et autres attaques de cabosses (A). Ce paramètre a été calculé par la formule suivante

$$NTC = NCS + NCP + NCR + A$$

NTC = nombre total de cabosses, NCS = nombre de cabosses saines, NCP = nombre de cabosses pourries, NCR = nombre de cabosses rongées, A = autres cabosses malformées

○ Taux de cabosses pourries

Le taux de cabosses pourries (TCP) a été déterminé par le rapport du nombre de cabosses pourries sur le nombre total de cabosses. Il a été déterminé par la formule suivante:

$$TCP (\%) = NCP/NTC$$

NCP = nombre total de cabosses pourries, NTC = nombre total de cabosses (saines, rongées, pourries et autres) produites par arbre (Tahi *et al.*, 2017).

○ Rendement potentiel annuel

Le rendement potentiel annuel a été évalué par le produit du nombre total de cabosses, le poids moyen de fèves fraîches, le nombre de pieds par ha (1333 pieds/ha) et du coefficient de conversion du poids de fèves fraîches en poids de cacao marchand correspondant (0,35) sur le nombre d'années de récoltes (Lachenaud 1991b). Il a été calculé par la formule suivante:

$$RPA = (NTC \times PFFN \times 1333 \times 0,35) / n$$

NTC = Nombre total des cabosses produites par l'arbre (saines, rongés, pourries) pendant toutes années de production (depuis la première année de récolte jusqu'à la dernière année).

PFFN = Poids moyen de fèves fraîches

1333 = Nombre de pieds à l'hectare

0,35 = coefficient de conversion du poids de fèves fraîches en poids de cacao marchand correspondant (Lachenaud et al., 1994).

n = nombre d'années de récoltes (Tahi et al., 2017).

○ Rapport production / vigueur

Le rapport production / vigueur a été déterminé par le rapport entre le nombre total de cabosses cumulées de l'ensemble des campagnes de récolte et la section du tronc de la dernière campagne. Il permet de justifier l'influence du développement végétatif sur la production (Paulin et Eskes, 1995). Il a été calculé par la formule:

$$Rp_{vig} = NTC/Sec$$

➤ **Collecte de données sur fèves**

○ Nombre de fèves normales par cabosse

Le nombre de fèves normales par cabosse (NFN) a été déterminé sur un échantillon de 20 cabosses par famille en dénombrant le nombre de fèves normales dans une cabosse.

○ Poids de fèves fraîches par cabosse

Le poids moyen de fèves fraîches par cabosse (PFFN) a été mesuré à l'aide d'une balance en prenant en compte l'ensemble des fèves normales issues de toutes les cabosses produites par arbre.

○ Poids moyen d'une fève de cacao marchand

Le poids moyen d'une fève de cacao marchand (PM1FS) a été déterminé sur un échantillon de 100 fèves de cacao marchand pesées individuellement.

2.1.4 ANALYSES STATISTIQUES DES DONNEES

Les données ont été soumises à une analyse de la variance à un facteur (famille). Le test de Newman-Keuls a permis de comparer les moyennes au seuil de 5 % et de classer les différentes familles en groupes homogènes pour chaque caractère considéré. Les données ont été analysées avec le logiciel SAS 9.4. Les analyses en composantes principales (ACP) ont été réalisées avec le logiciel XLSTAT 7.1. Elles ont pour but d'établir des corrélations entre les caractères et les axes principaux. Elle présente l'avantage de caractériser un génotype donné par une valeur numérique liée à ces axes, représentant un ensemble de caractères spécifiques à ce génotype. Les axes principaux ayant leur valeur propre supérieure à 1 ont été retenus (Dagnelie, 1975). Par ailleurs, une classification ascendante hiérarchique (CAH) a été réalisée sur la base de la distance euclidienne entre les individus selon le critère d'agrégation de Ward. La comparaison des moyennes des caractères des classes obtenues a été faite à l'aide du test T de Student au risque d'erreur de 5 %.

2.2 RESULTATS

2.2.1.1 COMPARAISON DES FAMILLES EN FONCTION DES PARAMETRES AGRONOMIQUES

L'analyse de la variance a montré un effet famille hautement significatif ($P < 0,001$, $\alpha = 5\%$) pour le nombre total de cabosses (NTC), le rendement potentiel annuel (RPA), le taux de cabosses pourries (TCP) et le rapport production/vigueur (RPV) (Tableau 2).

S'agissant du RPA, la moyenne générale a été de 1264,63 kg/ha/an avec un coefficient de variation de 38,25%. Les familles guyanaises F1 (P7 x GU 123-B), F2 (P7 x GU 284-B), et la famille intragroupe F200 (P7 x SCA6) ont présenté les meilleurs rendements avec des valeurs respectives de 1566,86 kg/ha/an, 1517,93 kg/ha/an et 1516,39 kg/ha/an. Pour le NTC la moyenne générale a été 527,84 avec un coefficient de variation de 37,89 %. La famille F200 avec 662,80 cabosses a produit le plus grand nombre de cabosses. Elle est suivie par trois hybrides guyanais, F2 avec 613,66 cabosses, F1 avec 598,69 cabosses et F10 avec 596,48 cabosses. Le témoin F203 a eu le plus petit nombre avec 378,02 cabosses. Concernant le TCP, la moyenne générale a été de 0,09 % avec un coefficient de variation de 42,51 %. Les hybrides guyanais F1 et F2 ont été les moins attaqués au champ avec 7 % d'infection alors que la famille témoin F203 a été la plus attaquée avec 12% d'infection. Pour le RPV, la moyenne générale des hybrides a été de 2,63 cabosses/cm² pour un coefficient de variation de 35,87 %. La famille F200 a eu la plus forte valeur avec 3,44 cabosses/cm² alors que la plus faible valeur a été obtenue par la famille F1 avec 1,93 cabosses par cm².

Tableau 2. *Evaluation des paramètres agronomiques des familles d'hybrides*

Familles	RPA (kg/ha/an)	NTC	TCP	RPV (Cabs/Cm ²)
1	1566,86±645,55a	598,69±210,92ba	0,07±0,03dc	1,93±0,65g
2	1517,93±483,09a	613,66±197,74ba	0,07±0,03d	2,48±0,93cb
200	1516,39±570,15a	662,80±253,91a	0,08±0,04dc	3,44±1,11a
3	1295,73±449,34ba	517,16±175,53bc	0,08±0,03dc	1,95±0,63g
10	1184,35±408,72b	596,48±221,91ba	0,09±0,03bac	3,39±1,30a
14	1155,24±501,73b	487,31±202,50bdc	0,09±0,04bac	2,78±1,18b
13	1150,55±408,24b	549,05±203,18bac	0,11±0,04ba	3,22±1,13a
209	1145,17±444,52b	445,12±172,97dc	0,09±0,03bdc	2,40±0,75cb
4	1123,08±451,40dc	503,54±202,31bc	0,08±0,03dc	2,36±0,70cb
7	1118,63±521,78b	440,54±202,60dc	0,11±0,04a	2,70±0,88b
Témoin	1100,84±374,04b	378,02±134,89d	0,12±0,06a	2,32±0,83cb
Moyenne	1264,63	527,84	0,09	2,63
CV (%)	38,25	37,89	42,51	35,87
F	5,91	7,70	7,15	13,07
Pr<0,05	0,001	0,001	0,001	0,001

RPA = rendement potentiel annule, NTC = nombre total de cabosses TCP = taux de cabosses pourries, RPVlg = rapport production/vigueur, les moyennes indexées de lettre différente dans la même colonne sont statistiquement différentes suivant le test post-ANOVA de SNK au seuil de probabilité de 5 %.

2.2.1.2 COMPARAISON DES FAMILLES EN FONCTION DES PARAMETRES TECHNOLOGIQUES

L'analyse de la variance a montré un effet famille hautement significatif ($P < 0,001$, $\alpha = 5\%$) pour les trois caractères technologiques étudiés (Tableau 3). La moyenne générale du nombre moyen de fèves normales par cabosse a été de 37,79 fèves avec un coefficient de variation de 27,10 %. Les familles d'hybrides F200 avec 39,13 fèves et F209 avec 39,03 fèves ont produit le plus grand nombre de fèves normales alors que l'hybride guyanais F10 avec 34,68 fèves a produit le plus petit nombre de fèves normales par cabosse. Pour le poids moyen de fèves fraîches par cabosse, la moyenne générale a été de 105,81 g par cabosse avec un coefficient de variation de 23,41 %. Le témoin F203 avec 127,83 g a eu le poids de fèves fraîches par cabosse le plus élevé alors que la famille F10 avec 87,25 g a eu le poids moyen de fèves fraîches par cabosse le plus faible. Concernant le poids moyen d'une fève de cacao marchand, la moyenne générale a été 1,30 g avec un coefficient de variation de 1,48 %. Toutes les familles étudiées ont eu un poids d'une fève de cacao marchand supérieure à 1 g. Le témoin F203 a été en tête de classement avec 1,69 g alors que la famille F200 se trouve au bas du classement avec une valeur de 1,08 g. Les meilleures familles Guyanaises pour le poids d'une fève de cacao marchand sont F3 (1,30 g), F1 (1,28 g) et F7 (1,27 g).

2.2.1.3 ETUDE DES COEFFICIENTS DE CORRELATION ENTRE LES DIFFERENTS PARAMETRES

Dans le but de connaître la relation entre les paramètres étudiés, une étude des corrélations entre ceux-ci a été réalisée (Tableau 4). Le nombre total de cabosses a été négativement corrélé avec le taux de cabosses pourries de -0,75 et positivement corrélé avec le rendement potentiel annuel de 0,77. Le rendement potentiel annuel a été fortement et négativement corrélé avec le taux de cabosses pourries de -0,78. Le poids moyen de fèves fraîches par cabosse et le poids moyen d'une fève de cacao marchand ont été positivement corrélés avec un coefficient de corrélation de 0,77.

Tableau 3. Caractères technologiques des fèves des familles d'hybrides

Familles	NFN	PFFN (g)	P1FS(g)
200	39,13±11,81a	100,01±16,25cb	1,08±0,04h
209	39,03±10,97a	111,81±15,05b	1,29±0,05cb
1	38,88±9,61ba	111,96±22,25b	1,28±0,06cb
14	38,57±10,20ba	110,27±62,99b	1,15±0,06g
3	38,48±9,39ba	108,50±16,84b	1,30±0,06b
13	37,71±9,71bc	91,92±15,51c	1,14±0,04g
2	37,20±10,26dc	107,21±15,71b	1,22±0,05e
4	36,55±10,51d	97,05±14,94cb	1,24±0,05d
203	36,43±10,66d	127,83±24,20a	1,69±0,08a
7	36,24±8,55d	110,36±14,74b	1,27±0,05c
10	34,68±9,49e	87,25±13,75c	1,18±0,04f
Moyenne	37,79	105,81	1,30
CV (%)	27,10	23,41	4,48
F	18,91	8,45	1278,09
Pr<0,05	0,001	0,001	0,001

NFN = nombre de fèves normales par cabosse, PFFN = poids moyenne de fèves fraîches, PM1FS = poids moyen d'une fève de cacao marchand les moyennes indexées de lettre différente dans la même colonne sont statistiquement différentes suivant le test post-ANOVA de SNK au seuil de probabilité de 5 %.

Tableau 4. Corrélations entre les paramètres mesurés

	NTC	TCP	RPA	RPV	NFFN	PFFN	P1FS
Ntotcab	1	-0,75	0,77	0,37	0,32	-0,60	-0,72
Tcp		1	-0,78	0,26	-0,35	0,26	0,43
Rpa			1	-0,14	0,57	0,02	-0,30
Rpvig				1	-0,23	-0,63	-0,54
Nfn					1	0,23	-0,27
Pmff						1	0,77
Pm1fs							1

NTC = nombre total de cabosses, TCP = taux de cabosses pourries, RPA = rendement potentiel annuel, RPVIG = rapport production/vigueur, NFN = nombre de fèves normales par cabosse, PFFN = poids moyenne de fèves fraîches, PM1FS = poids moyen d'une fève de cacao marchand. Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification de 5 %.

2.2.1.4 STRUCTURATION DES FAMILLES EN FONCTION DE LEURS CARACTERES AGRO-TECHNOLOGIQUES

L'analyse de la représentation graphique de l'ACP (Figure 1) indique que les deux premiers axes (F1 et F2) ont exprimé 80,59 % de la variabilité phénotypique totale. Ces deux axes ont ainsi été retenus pour la projection des individus. Les variables nombre totales de cabosses (NTC) avec un cosinus carré de 0,94, taux de cabosses pourries (TCP) avec un cosinus carré de 0,59, rendement potentiel annuel (RPA) avec un cosinus carré de 0,53 et poids moyen d'une fève de cacao marchand (PM1FS) avec un cosinus carré de 0,69 ont été les mieux représentés de l'axe 1. Par contre, sur l'axe 2, les variables les mieux exprimées ont été le rapport production vigueur (RPVIG) avec un cosinus carré de 0,67, le nombre de fèves normale par cabosse avec un cosinus carré de 0,36 et le poids moyen de fève fraîche par cabosse (PMFF) avec un cosinus carré de 0,48 (Tableau 5).

La classification Ascendante Hiérarchique a révélé clairement trois (3) groupes de familles au niveau de la troncature 14 (Figure 2). La structuration des 11 descendances donnée par cette classification regroupe les trois (3) groupes en fonction des variables.

- Le **groupe 1** est formé de 3 familles dont deux familles guyanaises (F1 et F2) et la famille F200. Ces familles sont meilleures pour la production et la résistance à la pourriture brune des cabosses.
- Le **groupe 2** est constitué de 7 familles dont six familles guyanaises (F3, F4, F7, F10, F13, F14) et une famille témoin F209. Elles sont caractérisées pour une vigueur moyenne et une productivité élevée.
- Le **groupe 3** est formé d'une (01) seule famille, la famille témoin F203, caractérisée par ses meilleures performances à la fois pour le poids moyen de fèves fraîches et le poids moyen d'une fève de cacao marchand.

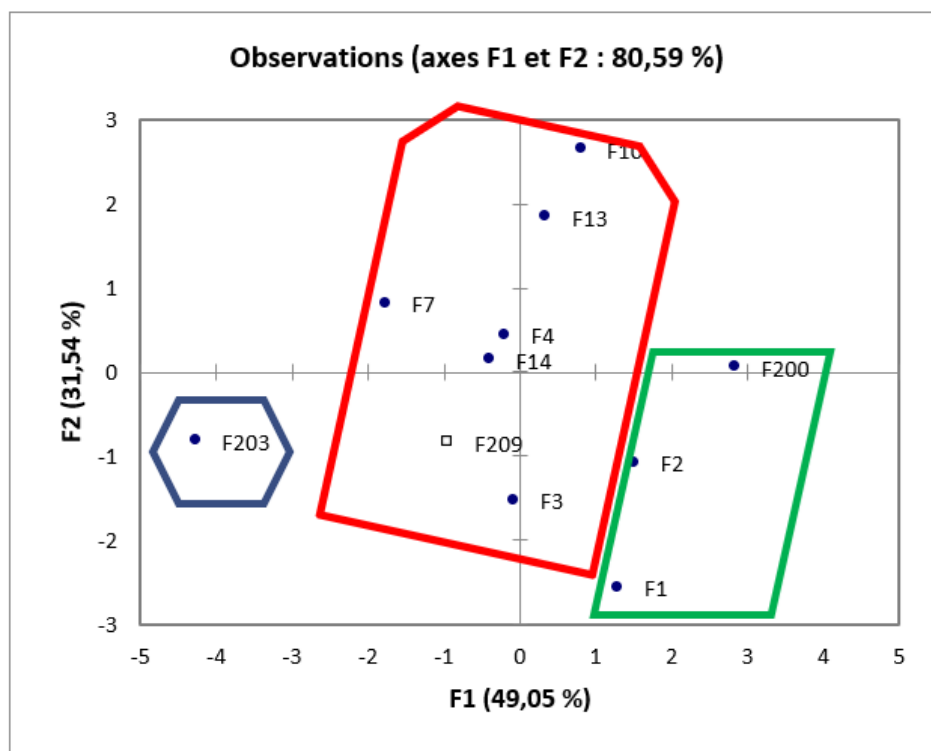


Fig. 1. Représentation graphique de la distribution des familles d'hybrides dans le plan factoriel 1-2 de l'ACP

Tableau 5. Valeurs propres et cosinus les variables et les principaux axes de l'ACP à partir de sept caractères agro technologiques relative aux familles d'hybrides

	F1	F2	F3
Valeur propre	3,43	2,21	0,76
Variabilité (%)	49,05	31,54	10,89
Variabilité cumulé (%)	49,05	80,59	91,48
Variables et les cosinus carrés	NTC (0,94) TCP (0,59) RPA (0,53) PM1FS (0,69)	RPVIG (0,67) NFN (0,36) PMFF (0,48)	

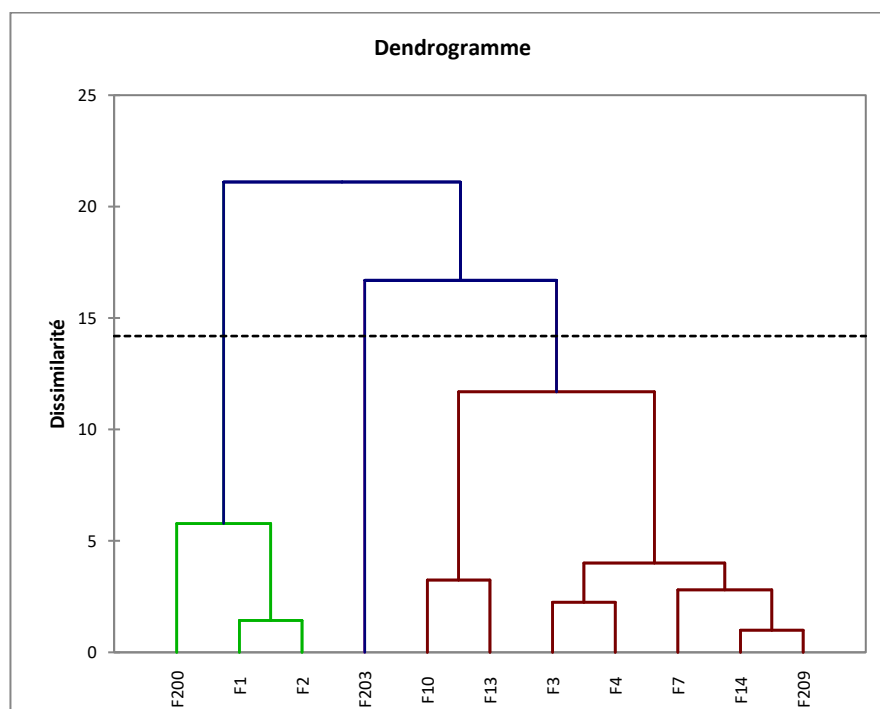


Fig. 2. Dendrogramme de la classification ascendante hiérarchique des familles d'hybrides

2.3 DISCUSSION

Le but de cette étude a été de caractériser au plan agro-technologique onze (11) familles d'hybrides dont certains impliquent un parent Guyanais. Les résultats ont montré un effet famille hautement significatif pour tous les paramètres agronomiques et technologiques étudiés. Cela montre l'existence d'une variabilité phénotypique entre les familles étudiées au champ. Pour le rendement potentiel annuel (RPA) et le nombre total de cabosses (NTC), les familles d'hybrides guyanais F1 (P7 x GU 123-B), F2 (P7 x GU284-B) et la famille intragroupe F200 (P7 x SCA6) ont été les meilleures, révélant ainsi que certains parents Guyanais sont de bons géniteurs pour la productivité. Nos résultats sont conformes à ceux de Tahi et al (2012) qui ont montré que les clones GU pourraient être de bons géniteurs pour améliorer la productivité. Pour le taux de cabosses pourries, les hybrides guyanais F2 et F1 avec 0,07 % ont eu un faible taux d'infection. Cela confirme le caractère résistant des guyanais à la pourriture brune des cabosses. L'intérêt des clones GU pour la résistance à *Phytophthora palmivora* et *Phytophthora megakarya* a déjà été mis en évidence par Paulin et al. (2005) et Lachenaud et al. (2007). Plus récemment, des cacaoyers tolérants à la pourriture brune ont également été mis en évidence par les travaux de Guiraud et al. (2021). En outre, la F200, F10 et F13 ont eu les plus fortes valeurs du rapport production/vigueur avec respectivement avec 3,44 3,39 et 3,22 cabosses/cm². Ce résultat montre à la fois une vigueur moyenne et une productivité élevée des hybrides guyanais permettant de mieux prendre en compte les effets de concurrence entre les cacaoyers (Tahi et al., 2017). Nos résultats sont en accord avec ceux de Tahi et al. (2012) qui ont montré une performance moyenne élevée des hybrides guyanais pour le rapport production/vigueur, un critère primordial pour la sélection des cacaoyers.

L'étude des caractères technologiques des fèves a montré que toutes les familles guyanaises avaient entre 34 et 38 fèves par cabosse avec des poids de fèves compris entre 87 et 111g. Ces familles ont également présenté un poids moyen d'une fève sèche supérieur à 1 g. Ces résultats montrent un assez bon remplissage des cabosses et grainage des hybrides Guyanais comme l'ont montré les travaux de Lachenaud et al. (2006).

Le coefficient de corrélation entre le rendement potentiel annuel et le taux de cabosses pourries a été négative mais significative (-0,78) indiquant ainsi que les familles les plus productives ont un faible taux de cabosses pourries. Ces résultats confirment ceux de Cilas et al. (1996), qui ont montré qu'en sélectionnant les familles à haut rendement, on sélectionne en même temps des familles résistantes à la pourriture brune des cabosses.

Par ailleurs, la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) a montré le regroupement des familles en trois (3) groupes. Le premier est composé de trois hybrides incluant deux guyanais (F1, F2 et F200) productifs et résistants à la pourriture brune des cabosses. Le deuxième groupe est composé de sept hybrides incluant quatre guyanais (F3, F4, F7, F13, F10, F14, F209) moyennement productifs et moins vigoureux et troisième groupe comprend un hybride témoin F203 présentant un bon grainage.

3 CONCLUSION

L'objectif de cette étude a été de déterminer les caractéristiques des hybrides de cacaoyers guyanais du CNRA. Il ressort de cette étude que toutes les familles mises à l'épreuve ont été différentes pour l'ensemble des caractères agronomiques et technologiques. Les hybrides guyanais F1 et F2 ont été les plus performants pour les caractères agronomiques. Par ailleurs, toutes les familles guyanaises avaient entre 34 et 38 fèves avec des poids de fèves par cabosse compris entre 87 et 111g. Ces familles ont également présenté un poids moyen d'une fève sèche supérieur à 1 g. Trois groupes ont été mis en évidence. Le premier, composé de F1, F2 et F200, qui ont été qualifiées de familles à la fois productives et résistantes à la pourriture brune des cabosses. Ces trois familles peuvent faire l'objet d'un essai multi local de confirmation de leurs performances en vue d'une sortie variétale. Le deuxième groupe est composé de sept hybrides incluant quatre guyanais (F3, F4, F7, F13, F10, F14, F209) moyennement productifs et moins vigoureux. Le troisième groupe comprend un hybride témoin F203 présentant un bon grainage. Cette famille témoin a ainsi confirmé sa bonne performance pour le grainage.

Ces résultats constituent un indicateur de choix dans la perspective de la sélection de cacaoyers à haut rendement et résistants à la pourriture brune en Côte d'Ivoire.

REFERENCES

- [1] Alverson WS, Whitlock BA, Nyffeler R, Bayer C & Baum DA. (1999). Phylogeny of the core Malvales: Evidence from *ndhF* sequence data. *Am. J. Bot.*, 86, 1474-1486.
- [2] Cilas C, Duchemin C & Lotodé R. (1989) L'amélioration génétique de la qualité du cacao: étude de la granulométrie. *Café, Cacao, Thé* 33: 3-8.
- [3] Dagnelie P. (1975). *Théorie et méthodes statistiques*. Volume 2. J Duculot Ed., Gembloux (Belgique), 451p.
- [4] Guiraud B.S.H.B., Tahi G.M., Coulibaly K., Assi E.M., Minakou O.S., Atchi M.Y., Lachnaud P. & Zoro I.A., 2021. Sélection de cacaoyers (*Theobroma cacao* L.) présentant un bon grainage au sein de la principale collection de Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences* 167: 17291 – 17305 ISSN 1997-5902.
- [5] ICCO (2000). International Cocoa Organisation. Bilan de la Conjoncture Cacaoyère. 106e Réunion, Londres, 5-14 Juin, 2000, p.9.
- [6] International Cocoa Organization (ICCO) (2014). Quarterly bulletin of Cocoa statistics, vol, No. 4, Cocoa year 2012/2013.
- [7] ICCO (International Cocoa Organization) (2017). Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics, No. 3, Cocoa year 2016/2017.
- [8] Lachenaud P. (1991).- Effet de quelques variables saisonnières sur la relation entre poids de cabosse et poids de fèves fraîches chez le cacaoyer. Bilan d'observations en Côte d'Ivoire. *Café Cacao Thé*.
- [9] Lachenaud Ph. (1994). Description du remplissage incomplet des cabosses chez *theobroma cacao* L. en Côte d'Ivoire *Café Cacao Thé* 38, 81-89.
- [10] Lachenaud Ph, Paulin D, Ducamp M. & Thevenin JM. (2007). Twenty years of agronomic evaluation of wild cocoa trees (*Theobroma cacao* L.) from French Guiana. *Scientia Horticulturae*, 113: 313-321.
- [11] Disponible en ligne sur: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2007.05.016>.
- [12] Lachenaud P, Oliver G, Bastide P. & Paulin D. (2006).- Le remplissage des cabosses des cacaoyers spontanés de Guyane (*Theobroma cacao* L.) *Acta Botanica Gallica*, 153 (1): 105-114.
- [13] Lotodé R & Lachenaud P, (1988). Méthodologie destinée aux essais de sélection du cacaoyer. *Café Cacao Thé* 32: 275-292 p.
- [14] Motamayor J, Lachenaud Ph, Mota JWS, Loo R, Kuhn DN, Brown JS & Schnell RJ. (2008). Geographic and Genetic Population Differentiation of the Amazonian Chocolate Tree (*Theobroma cacao* L.). *PLoS One*, October 2008, Vol. 3, Issue 10, e3311 (8 p.).
- [15] Paulin D, Ducamp M, Vezian-Bonnelayre K & Eskes AB. (2005). Evaluation par le test d'inoculation sur feuille du niveau de résistance de trente clones vis-à-vis de plusieurs espèces de *Phytophthora*. *Conférence internationale sur la recherche cacaoyère*, 14, 2003-10-13/2003-10-18, Accra, Ghana, vol.1, 85-93.
- [16] Tahi GM, Lachenaud Ph, N'goran JAK & Ekes AB. (2012). 17^{ème} Conférence Internationale sur la Recherche Cacaoyère: comportement et utilité des géniteurs guyanais dans le programme d'amélioration génétique du cacaoyer en Côte d'Ivoire.
- [17] Tahi GM, Trebissou IC, Guiraud SB, Ribeyre F, Lachenaud Ph, Pokou ND, N'guessan KF, N'Guessan PN, Aka RA, Coulibaly K, Kébé BI, Assi ME, Koné B, Kassin E & Cilas C. (2017). Second cycle de sélection récurrente du cacaoyer (*theobroma cacao* L.) en Côte d'Ivoire: paramètres génétiques chez les deux populations constitutives après treize années d'observation. *International Symposium on Cocoa Research (ISCR)*, Lima, Peru, 13-17 Novembre 2017.

Activité de poterie et tourisme dans le village de tanou-sakassou (Centre de la Côte d'Ivoire): Entre pérennisation d'un savoir-faire ancestral, modernisme et préservation de l'environnement

[Pottery activity and tourism in the village of tanou-sakassou (Central Ivory Coast): Between preservation of ancestral know-how, modernism and preservation of the environment]

N'Goran Kouamé Fulgence

Maître-Assistant, Département de Géographie, Université Alassane Ouattara-Bouaké, Côte d'Ivoire

Copyright © 2025 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: Present in traditional African societies and essentially focused on satisfying family needs, pottery is experiencing a craze at the pace of the evolution of contemporary societies. In Côte d'Ivoire, the center and north of the country are experiencing a dynamism in the pottery sector, closely linked to the dynamism of human interactions and the growth of tourism. In Tanou-Sakassou, a village located in the commune of Bouaké, in the center of Côte d'Ivoire, pottery occupies an important place in the socio-economic activities of the said village. As an integral part of its identity, pottery stimulates the tourist attractiveness of the village of Tanou-Sakassou, while de facto guaranteeing the sustainability of the practice of pottery activity within this village. However, the dynamism of this activity, thanks in particular to the adhesion of a new generation inclined towards modernism, has negative impacts on the natural environment. Based on this, this article aims to analyze the changes in the practice of pottery activity due to tourism as well as its impacts on the natural environment in the village of Tanou-Sakassou. To achieve this, we opted for a methodological approach composed of a bibliographical research and a field survey.

KEYWORDS: Ivory Coast, Tanou-Sakassou (Bouaké), cultural tourism, pottery, nature preservation.

RESUME: Présente dans les sociétés traditionnelles africaines et essentiellement tournée vers la satisfaction des besoins familiaux, la poterie connaît un engouement au rythme de l'évolution des sociétés contemporaines. En Côte d'Ivoire, le centre et le nord du pays enregistre un dynamisme du secteur de la poterie, étroitement lié au dynamisme des interactions humaines et à l'essor du tourisme.

À Tanou-Sakassou, village situé dans la commune de Bouaké, au centre de la Côte d'Ivoire, la poterie occupe une place importante dans les activités socioéconomiques dudit village. Faisant partie intégrante de son identité, la poterie stimule l'attractivité touristique du village de Tanou-Sakassou, tout en garantissant de facto, la pérennité de la pratique de l'activité de poterie au sein de ce village. Cependant, le dynamisme que connaît cette activité, grâce notamment à l'adhésion d'une nouvelle génération encline de modernisme, a des incidences négatives sur l'environnement naturel. Partant de cela, il est question dans cet article d'analyser les mutations dans la pratique de l'activité de poterie dues au tourisme ainsi que ses impacts sur le milieu naturel dans le village de Tanou-Sakassou. Pour y parvenir, nous avons opté pour une démarche méthodologique composée d'une recherche bibliographique et d'une enquête de terrain.

MOTS-CLEFS: Côte d'Ivoire, Tanou-Sakassou (Bouaké), tourisme culturel, poterie, préservation de la nature.

1 INTRODUCTION

La culture, c’est d’abord l’ensemble de ce qui est transmis et inventé [1]. Elle fait partie, de ce fait, de l’identité des peuples et peut donc être considérée comme une boussole dans l’évolution des sociétés. Élément distinctif des peuples, la culture peut susciter la curiosité et constituer, de ce fait, un produit touristique, dans la mesure où l’aspiration à découvrir des lieux à dimension historique ou spirituelle, à expérimenter des cultures différentes, ou à apprendre, échanger et accéder à un large éventail de ressources culturelles, constitue de longue date un moteur du voyage [2]. *Type d’activité touristique dans lequel la motivation essentielle du visiteur est d’apprendre à connaître, de découvrir et de consommer les attractions/ produits culturels d’une destination touristique, matériels et immatériels, et d’en faire l’expérience* [3], le tourisme culturel trouve, donc, là un large champ d’actions pour sa diversification et son essor. Cette diversification des modèles du tourisme culturel fait de ce secteur « l’un des segments de l’industrie touristique qui connaît la croissance la plus rapide et représente, selon les estimations, 40 % de l’ensemble du tourisme mondial » [2]. Le dynamisme du tourisme culturel constitue un marché important, tout en générant d’énormes profits pour les destinations qui en ont fait un axe capital dans leurs stratégies de développement touristique. En effet, la taille du marché mondial du tourisme culturel était de 5 321, 7 millions de dollars en 2022... Le marché devrait atteindre 11 900 millions de dollars d’ici 2029 [4].

Conscient du potentiel du tourisme culturel, les États développent des politiques visant à mieux valoriser leurs patrimoines culturels matériels et immatériels. En Côte d’Ivoire, la mise en valeur des spécificités sociales des populations locales a toujours été au cœur de la mise en tourisme des territoires, initiée depuis 1970. Bien avant cette date, la célébration tournante des festivités de l’indépendance a servi de catalyseur pour promouvoir les Hommes ainsi que leurs richesses artisanales. La Côte d’Ivoire dispose, en effet, d’atouts sérieux dans le domaine artisanal afin d’asseoir des plans d’action en ce sens. *D’une façon générale, le pays est bien couvert... par la production artisanale... composée par la vannerie, la poterie... concentrée, surtout autour des capitales régionales comme Abidjan, Bouaké, Korhogo* [5]... Tout aussi riche, les savanes du centre du pays dont l’artisanat est dominé par la sculpture, le tissage et la poterie ont bénéficié d’initiatives visant, non seulement, à promouvoir les spécificités socioculturelles du peuple baoulé, mais aussi à faire participer pleinement ce peuple à l’activité touristique, tout en lui garantissant des revenus additionnels. De ce fait, à Tanou-Sakassou, village situé dans la commune de Bouaké, des initiatives visant à la promotion de la poterie ont été mises en place. Matérialisées par l’inauguration du centre artisanal des potiers, le 16 juillet 2016, ces actions étatiques visent à contribuer à la sauvegarde d’un savoir-faire ancestral, tout en intégrant le village de Tanou-Sakassou aux circuits touristiques du centre de la Côte d’Ivoire. Toutefois, les enjeux de l’évolution de la société et la croissance de l’activité de poterie montrant le dynamisme du tourisme, de facto, posent des questions environnementales qui pourraient constituer de sérieuses contraintes à la préservation de la pratique de la poterie dans le village de Tanou-Sakassou. Pourtant, pour réaliser le programme de développement durable à l’horizon 2030 et au-delà, il faut...adopter des méthodes de planification touristique permettant aux acteurs du tourisme d’utiliser les ressources de façon plus efficiente [3]. Face à cette directive de cet organisme et des pratiques touristiques observées au sein du village de Tanou-Sakassou, il paraît judicieux d’y mener une étude, afin de mieux appréhender les incidences du dynamisme de la poterie sur le milieu naturel, tout en analysant les actions visant à sa sauvegarde dans ledit village.

2 METHODE ET MATERIELS

2.1 PRESENTATION DU CADRE SPATIAL DE L’ETUDE

Village du centre de la Côte d’Ivoire dans la commune de Bouaké, Tanou-Sakassou est situé sur l’axe Bouaké-Brobo et à moins de 10 km de la ville de Bouaké (Figure 1).

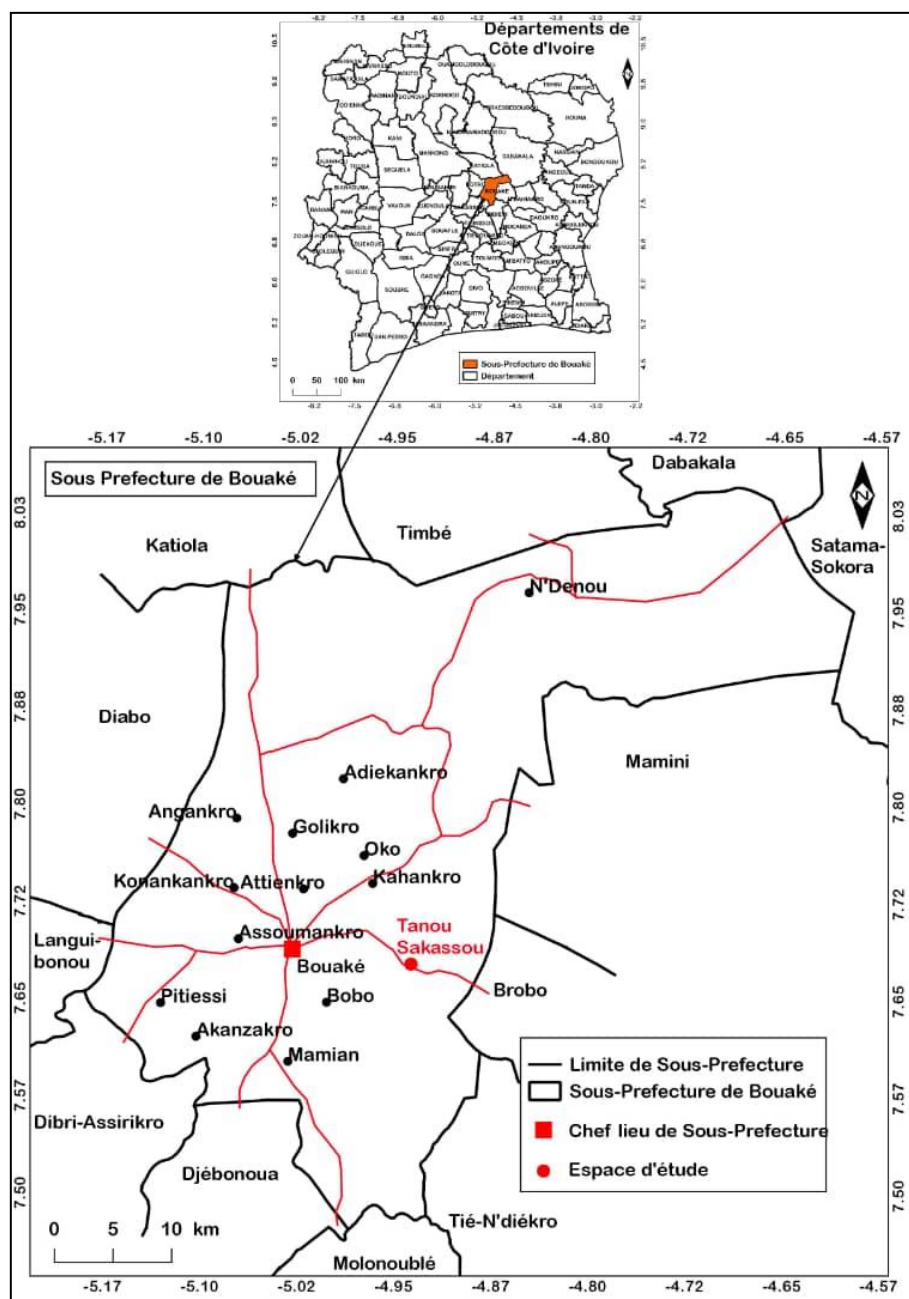


Fig. 1. Localisation du village de Tanou-Sakassou

Source: BNETD, 2016 Réalisation: K. F. N'GORAN, 2024

De l'aire culturelle baoulé (Peuple du centre de la Côte d'Ivoire), ce village d'une population majoritairement tournée vers l'agriculture a su a su mettre en place des actions de valorisation de son patrimoine artisanale. Dans ce cadre, ce village enregistre en son sein la pratique de l'activité agricole dont l'essor impulse l'attractivité touristique du village de Tanou-Sakassou.

2.2 COLLECTE DES DONNÉES

L'étude a nécessité des recherches bibliographiques et une enquête de terrain. En ce qui concerne les recherches bibliographiques, elle a été, exclusivement, effectuée sur Internet, grâce au moteur de recherche Google. Nos recherches ont

porté, en général, sur les écrits sur la culture, le tourisme culturel et les initiatives de promotion de ce segment du tourisme dans les pays du Sud. De façon spécifique, il a été question de rechercher des écrits en lien avec l’activité de poterie dans le village de Tanou-Sakassou. Il en ressort une diversité de publications scientifiques d’historiens et d’anthropologues sur la pratique de la poterie dans ledit village et un manque d’intérêt des géographes du fait de la faiblesse des recherches sur ladite activité à Tanou-Sakassou.

Pour ce qui est de l’enquête de terrain, nous nous sommes rendus à Tanou-Sakassou en juin et en novembre 2024. Notre premier séjour dans ce village a constitué à nouer des contacts, nous rendre compte de l’effectivité de la pratique de la poterie dans le village de Tanou-Sakassou, tout en observant les conditions de la production afin de mieux élaborer notre problématique d’étude. Quant à notre second passage en novembre 2024, il a été composé d’échanges avec la chefferie et des représentants de la coopérative des potiers ainsi que de questionnaires adressés à ces artisans. À la suite de ces échanges, il nous a été signifié que le centre artisanal des potiers du village de Tanou-Sakassou compte 24 artisans dont 10 de sexe féminin. De ce fait, la moitié de chaque catégorie de potiers correspondant à douze potiers a été interrogée, ainsi qu’un membre de la communauté, propriétaire du site d’exploitation de l’argile. Les douze potiers interrogés ont été choisis sur la base de leurs présences sur le site de production ou dans le village et selon leurs disponibilités.

Tableau 1. Répartition des acteurs interrogés

Type d’acteurs	Nombre
Autorités administratives et communale (Direction du tourisme, Mairie)	02
Autorités villageoises	01
Responsables du GVC des potiers	02
Potiers	12
Propriétaire de sites d’extraction	01
Prestataires de services	02
Total	20

Nos enquêtes, 2024

Également, des questionnaires ont été administrés à 02 prestataires de services grâce à la méthode de boule de neige ainsi qu’à un habitant ordinaire du village dont la parcelle sert de site d’extraction de l’argile. Au total, 20 personnes ont été interrogées dans le cadre de cette étude. En outre, les données recueillies ont été traitées sous Excel et les prises de vues ont été possibles par l’usage d’un drone (DJI MINI 2) ainsi que par l’objectif de l’appareil photo d’un smartphone.

3 RÉSULTATS

3.1 D’UNE ACTIVITE DE LOISIR À UNE REELLE INDUSTRIE À L’ECHELLE LOCALE

3.1.1 L’ART DE LA POTERIE, UNE PRATIQUE TRADITIONNELLE CARACTERISTIQUE DU PEUPLE BAOULE

La pratique de la poterie dans le village de Tanou-Sakassou est très ancienne. Selon Henri GADA, l’un des portes paroles du groupement des potiers dudit village, « la génération actuelle du village constitue la quatrième génération de potiers du village de Tanou-Sakassou ». Cette ancienneté dans la pratique de la poterie dans cet espace est confirmée par certains auteurs lorsqu’ils soutiennent que « Le mobilier céramique constitue l’une des composantes essentielles des vestiges archéologiques des communautés humaines de la région de Gbèkè (Bouaké-Sakassou), de l’époque précoloniale à nos jours » [6]. Ce trait distinctif du peuple baoulé, traduit en premier lieu, l’importance de l’argile dans l’équilibre social de ce peuple du centre de la Côte d’Ivoire. L’argile constitue, donc, l’un des éléments les plus importants dans cet équilibre, dans la mesure où il sert non seulement de matériaux de fabrication des foyers de cuisine, mais aussi de fabrication des ustensiles de cuisines. À la base, les ustensiles de cuisine constituaient, donc, la quasi-totalité des productions artisanales dans le village de Tanou-Sakassou. Les dignitaires du village justifient cela par le fait que la poterie était avant tout, une activité féminine avec des femmes qui étaient plus préoccupées à satisfaire leurs propres besoins plutôt que d’exercer une activité commerciale. Toutefois, avec l’évolution de la société, de nouveaux acteurs sont intervenus, contribuant ainsi à la transformation des modes de productions.

3.1.2 UNE ACTIVITE ARTISANALE QUI SE MASCULINISE DU FAIT DES NOUVEAUX DEFIS DE PRODUCTION

Autrefois exclusivement pratiquée par les femmes, la poterie est devenue une activité lucrative qui intéresse 24 potiers dont 14 de sexe masculin dans le village de Tanou-Sakassou. L'adoption de l'activité de poterie par la junte masculine au sein de ce village contribue à diversifier l'offre de production, tout en contribuant à l'essor de cette activité au sein dudit village. En effet, la faible corpulence des potières était une contrainte pour la production des objets artisanaux de grande taille. Or, selon les responsables de la coopérative des potiers, les ustensiles de cuisine ne constituent plus un marché à fort potentiel, contrairement aux objets décoratifs qui sont plus prisés par les visiteurs. Les hommes assurent donc la production de ces objets décoratifs, plus lourd et volumineux, tandis que les femmes excellent toujours dans la production des ustensiles de cuisine (Figure 2).



Fig. 2. Des artisans en train de fabriquer des objets au centre artisanal des potiers dans le village de Tanou-Sakassou

Source: K. F. N'GORAN, 2024

Cette structuration dans la production contribue à la préservation d'un savoir-faire, tout en enrichissant l'offre de production et donc un élargissement de l'éventail de la clientèle. Ce qui a fortement contribué à la croissance de l'activité de poterie au sein du village de Tanou-Sakassou. De ce fait, pour accompagner ces artisans, l'État a contribué à la construction d'un centre artisanal dans le village de Tanou-Sakassou (Figure 3).



Fig. 3. Une vue du sceau matérialisant l'appui de l'Etat au centre artisanal de Tanou-Sakassou

Source: K. F. N'GORAN, 2024

Entièrement financé par des fonds publics, cette initiative témoigne de la volonté de l'Etat de faire participer pleinement la population locale à l'activité touristique et donc impulser un développement socioéconomique cohérent grâce au tourisme.

Constitué de quatre composantes (Figure 4), le centre artisanal des potiers de Tanou-Sakassou comprend deux salles d'exposition (A et B), un atelier de production (C) et un hangar de cuisson (D).



Fig. 4. Une vue aérienne des composantes du centre artisanal des potiers du village de Tanou-Sakassou

Source: K. F. N'GORAN, 2024

Ces bâtiments permettent donc d'assurer un cadre idéal aux artisans de la conception à la vente. En effet, la première étape qui consiste à la conception ainsi qu'à la réalisation de l'œuvre imaginée ou commandée est fait en atelier (C), avant de passer au four (D) pour être enfin exposée à la vente dans les bâtiments A et B. Tout ce processus de production requiert une attention particulière afin de s'assurer de la qualité des objets produits (Figure 5).



Fig. 5. Une vue d'un exemple de stratégie d'adaptation pour éviter les déformations et cassures des objets produits au centre artisanal de Tanou-Sakassou

Source: K. F. N'GORAN, 2024

En effet, l'exposition au vent et aux périodes de grands froid fragilisent la solidité des objets (Figure 5a). Pour éviter cette situation, les potiers protègent les objets produits et en attente de passage au four avec des sachets plastiques (Figure 5b). Ce système de production à la chaîne contribue à la mise en place d'une unité de production soucieuse de produire des objets de qualité, tout en contribuant à asseoir la notoriété des potiers du village de Tanou-Sakassou dans leur capacité à produire des objets d'art de meilleure qualité. Ce qui contribue à l'attractivité du centre artisanal de ce village.

3.2 UNE ATTRACTIVITE SOUTENUE PAR DES EFFORTS SANS CESSER DE MUTATION

3.2.1 LA POTERIE, FACTEUR D'ATTRACTIVITE TOURISTIQUE DU VILLAGE DE TANOU-SAKASSOU

Le dynamisme des activités au sein du centre artisanal des potiers du village de Tanou-Sakassou positionne ce petit village comme une destination privilégiée du tourisme intérieur local. En dépit de la disponibilité de données statistiques chiffrées, les responsables de la coopérative des potiers soutiennent que le centre fait l'objet de fréquentes visites quotidiennes, surtout des populations vivant au sein de la commune de Bouaké. Ces visites sont constituées d'une diversité de personnes comme nous la montre la figure 6.



Fig. 6. Des vues de types de visiteurs du centre des potiers dans le village de Tanou-Sakassou

Source: K. F. N'GORAN, 2024

En effet, les communautés scolaires, universitaires et religieuses ont inclus le village de Tanou-Sakassou comme une destination privilégiée dans le cadre de leurs activités du fait de la proximité de ce village de la ville de Bouaké. Ainsi, dans le cadre des activités scientifiques organisées au sein de l'Université Alassane Ouattara (UAO-Bouaké), les organisateurs desdites activités optent pour des sorties d'étude au sein du village de Tanou-Sakassou (Figure 6a). Constituées d'une centaine de personnes d'origines et de nationalités diverses, ces voyages d'étude contribuent à une meilleure appréhension du système de production ainsi que du mode d'extraction de la matière première (Figure 6b). Toutes ces visites dans ces cadres formels permettent de susciter des images et des curiosités qui sont à leur tour facteur de visites individuelles de la destination Tanou-Sakassou. En dehors de la croissance de la notoriété et de la diversification de la clientèle que ces voyages ludiques suscitent, ils contribuent également à accroître les ventes et générer des profits non négligeables. En effet, les visiteurs, à l'image de ceux de l'UAO en juin 2024, procèdent à des achats spontanés (Figure 7).



Fig. 7. Une vue de visiteurs venus de l'UAO ayant effectué des achats au centre artisanal des potiers dans le village de Tanou-Sakassou

Source: K. F. N'GORAN, 2024

Ainsi, une fois la visite terminée, les clients potentiels marchandent soit directement avec le fabricant de l'œuvre d'art ou avec l'un des membres de la coopérative. Les objets achetés sont ensuite conditionnés par les potiers avant d'être remis à l'acheteur. Toutes ces précautions visent à assurer l'intégrité de l'objet du lieu de production jusqu'à la destination finale de l'objet. En outre, selon les responsables de la coopérative des potiers, les visites groupées génèrent entre 100 milles et 350 milles FCFA. Ces différentes interactions ainsi que les profits qu'ils génèrent, contribuent à la mutation du système de production au centre artisanal des potiers dans le village de Tanou-Sakassou.

3.2.2 UN SYSTEME DE PRODUCTION EN PLEINE MUTATION

Indépendamment de l'adhésion des hommes à la pratique de l'activité de poterie, le centre artisanal des potiers du village de Tanou-Sakassou enregistre des faits qui contribuent à sa mutation. Les interactions humaines avec les visiteurs qui favorisent les échanges d'expériences ainsi que l'inclusion des enfants des potiers à l'activité sont des facteurs qui enrichissent la productivité. Ainsi, outre les objets à grands volumes, de plus en plus d'œuvres d'art aux formes géométriques spécifiques sont produites au sein de ce centre (Figure 8).



Fig. 8. Des vues de nouveaux modèles d'œuvre et de la technique d'élaboration de ces formes géométriques

Source: K. F. N'GORAN, 2024

Ces objets aux formes géométriques (Figure 8a) sont des œuvres décoratives qui le plus souvent, ont été commandés par des clients sur présentation d'une photo. Leurs productions, exclusivement, effectuées par les fils des potiers ne sont possibles que grâce à l'usage d'objet de calculs mathématiques (Figure 8b). L'usage du compas est indispensable pour la réalisation de ces formes géométriques. Ce qui est rendu possible par le fait que ces potiers ont bénéficié d'une scolarisation. La pratique de poterie par ce type de potiers est un facteur de diversification de l'offre en œuvre d'art, gage de la variété desdits objets ainsi que de la croissance des ventes. Pour mieux stimuler la productivité et les ventes, une extension est en cours de construction, du fait de la saturation au niveau du site principal (Figure 9). Cette nouvelle bâtisse rentre dans le cadre de la modernisation des activités du centre artisanal des potiers de Tanou-Sakassou. En effet, entièrement financé par la coopérative des potiers, ce bâtiment devrait abriter une nouvelle salle d'exposition offrant plus d'espace ainsi que la possibilité d'une meilleure présentation des œuvres produites (Figure 9a). Ce qui va rendre les visites plus fluides, contrairement aux conditions d'exploitation qu'offre l'actuelle salle principale d'exposition (Figure 9b).



Fig. 9. Des vues de l'extension en cours de construction et des objets de la salle principale d'exposition au centre artisanal des potiers de Tanou-Sakassou

Source: K. F. N'GORAN, 2024

Toutes ces initiatives entreprises par ces potiers représentent des facteurs bénéfiques qui pourraient contribuer à l'attractivité touristique ainsi qu'aux retombés socioéconomiques de l'ensemble de la population du village de Tanou-Sakassou.

3.3 DE NOMBREUX BENEFICES SOCIOECONOMIQUES ET CULTURELS ENTACHES PAR DES INCIDENCES NEFASTES SUR L'ENVIRONNEMENT NATUREL DANS LE VILLAGE DE TANOU-SAKASSOU

3.3.1 LA POTERIE, UNE ACTIVITE À FORT POTENTIEL SOCIOECONOMIQUE ET CULTUREL DANS LE VILLAGE DE TANOU-SAKASSOU

Les activités du centre artisanal des potiers dans le village de Tanou-Sakassou, en dehors du fait qu'elles génèrent des revenus aux artisans contribuent, également, à asseoir une économie locale liée à son fonctionnement. En effet, selon le porte-parole du groupement des potiers, chaque membre est invité à reverser 10% de ses ventes à ladite coopérative. Ainsi, selon la fréquence des visites, les revenus mensuels de la coopérative sont au moins de 200 000 FCFA. D'où, en moyenne, les potiers tirent mensuellement au moins 83 333 FCFA de cette activité. Ces revenus de ces potiers sont largement supérieurs au SMIG ivoirien qui est de 75 000 FCFA, correspondant également au plus du double du SMAG ivoirien qui est de 36 000 FCFA. Ces données permettent donc d'affirmer que la poterie est une activité qui contribue à l'autonomie financière de ces artisans et son conformément à leurs affirmations selon laquelle « la poterie nourrit son Homme dans le village de Tanou-Sakassou ». En outre, les nécessités de production des objets impliquant l'usage de l'argile ainsi que du bois, obligent les artisans à recourir à des prestataires de transport pour leur approvisionnement. Les propriétaires et/ou les chauffeurs de tricycle sont donc assurés de la disponibilité d'une clientèle hebdomadaire stable dont les frais d'approvisionnement en bois pour la cuisson sont à 20 000 FCFA par voyage. Parallèlement à ces retombés économiques, l'activité de poterie au sein du village de Tanou-Sakassou permet aux visiteurs de vivre des expériences culturelles en s'essayant à la pratique de certaines composantes du processus de production des œuvres d'art (Figure 10).



Fig. 10. Une vue d'un visiteur en train de piler l'argile dans le village de Tanou-Sakassou

Source: K. F. N'GORAN, 2024

Cette interaction entre ce jeune visiteur, étudiant à l'UAO et ressortissant du nord de la Côte d'Ivoire, contribue aux brassages culturels. Au-delà, ce genre d'expérience pourrait permettre à ces jeunes visiteurs de se rendre compte, non seulement, de la pénibilité du processus de production des œuvres d'art, mais aussi et surtout, de renforcer l'estime qu'ont ces jeunes pour ces artisans et leurs œuvres. Ce qui est très favorable à la compréhension des coûts élevés des produits. En plus de ces expériences de partage, le centre artisanal des potiers contribue à la transmission du savoir-faire aux plus jeunes (Figure 11).



Fig. 11. Une vue d'enfants de potiers en train d'affiner les formes d'œuvre d'art au centre artisanal des potiers dans le village de Tanou-Sakassou

Source: K. F. N'GORAN, 2024

Au centre artisanal des artisans des potiers de Tanou-Sakassou, il est fréquent de trouver de jeunes enfants et/ou adolescents en train d'exercer une activité en lien avec la poterie. Selon les artisans, le fait d'autoriser leurs enfants ou des

enfants du village à exercer certaines tâches contribuent à leur formation au métier de la poterie. Ce type d'apprentissage, est un facteur garantissant la pérennisation de l'activité de poterie au sein du village. De plus, le fait que ces apprenant y sont à leurs heures libres, car tous scolarisés, est un atout indéniable pour enrichir les techniques de production, produire des œuvres protéiformes, tout en se donnant la chance de diversifier dans les années à venir les marchés d'écoulement des objets d'art produits. Toutefois, ces enfants ne pourront véritablement prendre la relève que si le processus de production s'inscrit dans une perspective durable.

3.3.2 DES MENACES SUR LE MILIEU NATUREL À CORRIGER, GAGE D'UNE PRATIQUE DURABLE DE L'ACTIVITE DE POTERIE AU SEIN DU VILLAGE DE TANOU-SAKASSOU

La pratique de l'activité de poterie dans le village de Tanou-Sakassou reste encore traditionnelle. Cette forme traditionnelle dans le système de production implique l'usage de fours traditionnelles impliquant, de facto, l'usage du bois pour la cuisson (Figure 12).



Fig. 12. Une vue du four de cuisson des œuvres au centre artisanal des potiers dans le village de Tanou-Sakassou

Source: K. F. N'GORAN, 2024

Au moins une fois par semaine, les potiers de ce village ont recours à ce four qui nécessite au moins un chargement de bois de tricycle, à cet effet. Ce processus de cuisson dégage donc dans l'atmosphère une fumée qui contribue à la pollution atmosphérique. Cette situation est souvent, particulièrement, contraignante pour les ménages qui vivent à proximité de ce four de cuisson. Bien avant d'arriver à l'étape de la cuisson, l'argile est indispensable dans la production de ces objets. Principale matière première, son extraction s'effectue, non pas dans une argilière bien définie, mais sur des espaces comprenant des plantations et appartenant à des agriculteurs du village (Figure 13).



Fig. 13. Une vue aérienne du deuxième site d'extraction de l'argile dans le village de Tanou-Sakassou

Source: K. F. N'GORAN, 2024

Grignotant progressivement la forêt, les plantes ainsi que le sol, ce deuxième site d'extraction occasionne des problèmes fonciers au sein du village. En effet, le propriétaire de ce site, non potier et descendant de la pionnière de la poterie dans ce village, s'indigne de la destruction de sa terre, sans aucune compensation. En fait, afin d'accéder librement au sol pour son extraction et son transport, la végétation est d'abord détruite (Figure 14).



Fig. 14. Des vues de végétaux détruits sur le site d'extraction de l'argile dans le village de Tanou-Sakassou

Source: K. F. N'GORAN, 2024

Dans ces conditions, tous les végétaux qui pourraient être contraignants au processus d'extraction, quel que soient leurs caractéristiques, sont abattus. Cette forme de destruction des végétaux est continue, selon les besoins en matière première. Ainsi, pendant qu'un secteur sur le site est en exploitation, un autre est déterminé et ses végétaux détruits. Également, le sol aussi est en proie à cette destruction du fait de l'extraction de l'argile (Figure 15).



Fig. 15. Des vues des effets de l'extraction de l'argile sur le sol ainsi que des visiteurs venus s'en imprégner sur le site d'extraction dans le village de Tanou-Sakassou

Source: K. F. N'GORAN, 2024

Le procédé d'extraction de l'argile laisse de gros creux sur le terrain (Figure 15a) qui, selon les responsables de la coopérative des potiers atteignent souvent deux mètres. En dehors de mesures pour vérifier ces propos, le constat au niveau de la figure 15b donne une idée de la profondeur que pourraient avoir certains de ces creux. De telles profondeurs ainsi que la destruction du couvert végétal rendent quasiment impossible l'exploitation agricole de cette parcelle, une fois le stock d'argile épuisé. Dans les dispositions actuelles, le propriétaire du site reste seul à faire face aux contraintes que pose la destruction de sa parcelle, sans aucune compensation. De telles situations mettent à mal l'objectif d'inclusion que vise la pratique de l'activité touristique au niveau local et risque de ternir l'image de la destination Tanou-Sakassou, si aucune mesure n'est adoptée pour réduire l'impact négatif de l'extraction de l'argile sur la végétation, le sol et les hommes.

4 DISCUSSION

Cette étude a mis en relief plusieurs résultats dont le premier atteste de l'ancienneté de la pratique de la poterie sur notre espace d'étude. Ce postulat est confirmé par un autre auteur qui soutient qu'en Côte d'Ivoire, l'art de la terre cuite est connu depuis le néolithique [7]. La poterie est, donc, à partir de là, un fait culturel qui fait partie de l'identité des sociétés traditionnelles ivoiriennes. Toutefois, contrairement au constat observé dans le village de Tanou-Sakassou où l'activité de poterie concerne aussi bien les femmes que les hommes, « dans la sous-préfecture de Komborodougou » elle est une activité « interdite aux hommes » [8]. Également, les études menées dans le District des savanes et au Sud de la Côte d'Ivoire confirment la prédominance des femmes dans la pratique de l'activité de poterie [9], [10]. Cette spécificité dans la pratique de la poterie selon ces auteurs pourrait s'expliquer par le fait que les objets produits par ces potières sont exclusivement des ustensiles de cuisine et des canaries qui sont tous de petites tailles, contrairement au centre artisanal de Tanou-Sakassou où les œuvres d'art volumineux sont plus prisés. La mixité dans la pratique de l'activité de poterie dans le village de Tanou-Sakassou la rend plus dynamique et ouverte à tous, sans contraintes véritables dans l'exercice de ce métier. En effet, au nord de la Côte d'Ivoire, notamment dans le pays senoufo, des rituels sont associés à la pratique de l'activité de la poterie, notamment des rituels dans le processus d'approvisionnement de la matière première. Pour ces auteurs, « l'ouverture de la carrière se fait une fois par an, au mois de mars, avec des sacrifices, effectués par le chef du village, propriétaire de l'espace » [11]. Il a, également, été observé ce type de rituel dans le processus de cuisson. Ainsi, « dans le pays djimini-djamala nous dénombrons trois types de cuissons...situés hors du village...En plus d'être de simples espaces de cuissons, ces endroits, surtout les grandes aires sont adorées par les potières » [12]. Contrairement à ces constats, au Sud de la Côte d'Ivoire, l'approvisionnement de l'argile intervient pendant la saison sèche... sans satisfaire à des sacrifices particuliers [7]. Nonobstant le fait que l'extraction de l'argile n'est pas prévue durant une période particulière, ces observations de cet auteur sont identiques à celles observées dans le village de Tanou-Sakassou où l'extraction de l'argile ainsi que la cuisson des objets ne sont pas subordonnées à des rituels. Cependant, le mode de transmission du savoir-faire s'effectue des parents aux enfants aussi bien au nord comme au centre de la Côte d'Ivoire, notamment dans le village de Tanou-Sakassou. En effet, au nord de la

Côte d’Ivoire, « l’apprentissage commence depuis l’enfance, au sein de la famille nucléaire ou étendue, plus généralement auprès de la mère » [11]. Ce mode de transmission est un facteur fondamental dans la valorisation du patrimoine socioculturel, dans la mesure où il contribue à la pérennisation de cette activité de poterie. Au-delà, cette transmission, tout en permettant d’assurer la relève, s’avère très utile pour garantir, également, la préservation d’une activité au potentiel économique non négligeable. En fait, dans la région du Hambol, en 2019, « les revenus générés par l’activité de poterie dans le département de Katiola... ne sont pas négligeables » [13]. En milieu rural, les potières en tirent un revenu moyen mensuel de 66 685 FCFA. Ce montant supérieur au SMIG qui était fixé à 60 000 FCFA révèle que l’activité de poterie contribue à l’épanouissement économique de ces potières dans le monde rural. Toutefois, le potentiel économique de l’activité de poterie risque d’être mis à mal du fait des contraintes liées à l’approvisionnement en matière première, notamment l’argile. L’extraction de l’argile conduit à la dégradation du couvert végétal ainsi que du sol. Au Brésil, « en raison de l’enlèvement de la végétation pour le processus d’excavation et d’enlèvement de l’argile, une partie du sol local n’est pas protégée causant des processus de compactage dans certaines situations et lessivage par un autre » [14]. Une telle situation est néfaste à la productivité du sol et provoque la révolte des propriétaires de ces terres. En effet:

« Dans la zone de Boundiali, les femmes ont fait cas du mécontentement régulier des propriétaires terriens dans le cadre d’exploitation d’argile sur leur espace...Par ailleurs, le néré est utilisé à différentes échelles de la fabrication des pots. Les écossees permettent la teinture et les coques du fruit servent à brûler et également à faire la teinture. Or, cet arbre est beaucoup prisé par les chefs de terre car il produit le soumara qui a de nombreuses vertus curatives. De plus en plus, les productrices courent un risque d’interdiction d’usage de cet arbre » [9].

Ces faits, également, observés dans le village de Tanou-Sakassou sont susceptibles de contrarier l’essor de la pratique de l’activité de poterie au sein de ce village. Afin d’apporter des réponses durables à ce genre de contrainte, « les gouvernements nationaux, de concert avec les autorités locales et d’autres importantes parties prenantes, doivent concevoir les politiques touristiques de façon intégrée et globale pour profiter des retombées positives et de l’effet multiplicateur du tourisme sur les peuples » [3].

5 CONCLUSION

Les résultats de cette étude qui porte sur l’activité de poterie dans le village de Tanou-Sakassou révèlent que la poterie est une pratique ancienne dont la mixité contribue à la mutation dans la pratique de cette activité au sein de cet espace. Ce qui contribue à l’essor de l’activité de poterie dans le village de Tanou-Sakassou, favorisant ainsi son attractivité touristique, tout en contribuant à l’épanouissement socioéconomique des potiers. Cependant, les menaces sur l’environnement naturel causées par l’extraction de l’argile risquent de contrarier la pratique durable, aussi bien de la poterie que du tourisme au sein du village de Tanou-Sakassou. Il est, donc, impératif que la coopérative des potiers du centre artisanal des potiers de ce village, la municipalité de la commune de Bouaké et les décideurs publics fassent la promotion d’une pratique inclusive de la poterie et qui prend en compte la préservation de la biodiversité et du sol, pour une pratique durable de la poterie et du tourisme dans le village de Tanou-Sakassou.

REFERENCES

- [1] CLAVAL Paul, « Géographie et cultures, ou la culture dans tous ses espaces », *Géographie et cultures* [En ligne], 1 |, mis en ligne le 16 juillet 2013, consulté le 28 novembre 2024.
URL: <http://journals.openedition.org/gc/2447>; DOI: <https://doi.org/10.4000/gc.2447>, 1992.
- [2] UNESCO, 2023, À l’horizon | Remettre le tourisme culturel sur les rails, disponible à: <https://www.unesco.org/fr/articles/lhorizon-remettre-le-tourisme-culturel-sur-les-rails#:~:text=Le%20tourisme%20culturel%20%E2%80%93%20d%C3%A9fini%20par,l%20ensemble%20du%20tourisme%20mondial>, consulté le 28 novembre 2024.
- [3] ONU Tourisme, 2017, Déclaration de Chengdu sur « Le tourisme et les objectifs de développement durable », disponible à: https://pre-webunwto.s3.eu-west-1.amazonaws.com/s3fs-public/2020-02/8%2013.09_12867_chengu_declaration_ga22rev_3-fr.pdf, consulté le 28 novembre 2024.
- [4] Business Research Insights, 2024, Taille, part, croissance et analyse de l’industrie du marché culturel par type, disponible à: <https://www.businessresearchinsights.com/fr/market-reports/cultural-tourism-market-107478#:~:text=Pr%C3%A9sentation%20du%20rapport%20sur%20le%20march%C3%A9%20du%20tourisme%20culturel&text=La%20taille%20du%20march%C3%A9%20mondial,de%20la%20p%C3%A9riode%20de%20pr%C3%A9vision>, consulté le 5 décembre 2024.
- [5] HAUHOUOT Antoine Asseypo, Nature, culture, tourisme en Côte d’Ivoire, EDUCI, Abidjan, 179 p, 2008.

- [6] YAO Kouadio Narcisse et al, Contribution à l'analyse de la production céramique de la région de Gbèkè dans le centre de la Côte d'Ivoire, in Revue NYAME AKUMA, N°88, pp. 8-15, 2027.
- [7] KOUASSI Kouakou Siméon, Artisanat traditionnel en Côte d'Ivoire: tableau synoptique de la céramique de la zone lagunaire et coquillère (Grand-Bassam - Grand-Lahou) in Rev iv hist., N° 18, 2011.
- [8] TOURE Aïcha Gninin, Regard sur la contribution des potières nafanan au développement socio-économique de Komborodougou, in La Revue Africaine des Sciences Sociales « Pensées genre. Penser autrement. » Vol. I, N° 2, pp. 87-101, 2022.
- [9] SORO Doba et al, Impacts de la poterie sur les femmes dans le district des savanes en côte d'ivoire, in Revue ZAOULI, n°05, pp.21-35, 2023.
- [10] GNAPI Quessada Alex Philippe Zougbo et al, La place de la céramique dans la société traditionnelle *Egnembe-Ogbrou* (Sud Côte d'Ivoire), in La Revue Africaine des Sciences Sociales « Pensées genre. Penser autrement. » Vol. III, N° 1, pp. 95-109, 2023.
- [11] TOURE Aïcha Gninin et al, L'art de la terre cuite chez les *Kpimblé* de Tolman (Korhogo, Nord-Côte d'Ivoire): technique et transmission, in Bulletin d'Archéologie Marocaine, N° 26, pp. 281-292, 2021.
- [12] YÉO Mitanhantcha, Les aires culturelles de cuisson des potières du djimini-djamala: spécificités technico-sociales, in Revue NZASSA, N°8, pp. 397-408, 2022.
- [13] ABO Nadège et al, Artisanat De Céramique À Katiola (Côte D'ivoire): Une Activité Historico-Culturelle Au Service De La «Dépaupérisation» Féminine En Milieu Rural, in Revue Quest Journals Journal of Research in Humanities and Social Science Volume 11 ~ Issue 8, pp. 110-117, 2023.
- [14] ALMEIDA Janilton de Lima, 2020, Impacts environnementaux causés par l'extraction d'argile dans la municipalité d'Ibiassucê-BA, in Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. An 05, Ed. 09, Vol. 03, pp. 35-46 ISSN: 2448-0959, disponible à: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/environnement/extraction-dargile>, consulté le 25 novembre 2024.

Pétrologie structurale des granitoïdes de la région de Kanyiki Bakwa Bowa, province de Lomami en RDC

[Structural Petrology of Granitoids in the Kanyiki Bakwa Bowa Region, Lomami Province, DRC]

Alphonse Tshimanga Kambaji Kambaji¹, Télesphore Mayiba Mayiba², Trésor Mulunda Bululu², and Hippolyte Mutombo Mbwebwe²

¹Professeur à l'Université de Lubumbashi, RD Congo

²Chef des Travaux à Université Officiel de Mbuji-Mayi, RD Congo

Copyright © 2025 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 formations of the South-West of the city of Mbuji-Mayi are mainly magmatic intersected by contact metamorphic intrusions and covered by some recent alluviums. These are particularly Archean formations whose characteristic lithologies are: Sandstone, gneiss and granitoids. Regional tectonics has affected this sector generating brittle and planar microstructures which attest to the compressive and extensive phases that this terrain zone has experienced, confirmed even in the study of stresses by WIN TENSOR. The preferential orientation of planar magmatic fluidities and NNW-SSE foliations recorded on the formations of this zone would justify the existence of a vast regional folding, while the double orientation of the breaks reflects two phases of local deformations that affected this sector.

KEYWORDS: Structural petrology, Granitoids, Kanyiki Bakwa Bowa Region, Lomami Province, Democratic Republic of the Congo.

RESUME: Les travaux réalisés dans la région de Kanyiki Bakwa Bowa dans le complexe Archéen granitique et migmatitique de Dibaya, ont permis de mettre à jour les informations géologiques préexistantes. C'est une zone caractérisée par un socle granitique-gneissique. Cela a rendu cette région longtemps inaccessible pour y mener des travaux de recherche. Les récentes campagnes de terrain réalisées au cours de cette étude ont révélé une lithologie constituée de granitoïdes, gneiss ainsi que des grès arkosiques. Ces formations magmatiques ont été affectées par des structures majeures telles que les foliations et les schistosités, couloirs de cisaillements, plis et fissures. Ces structures sont pour la plupart orientées principalement NW-SE. Ce qui suggère que la déformation ayant prévalu dans la région est une compression NE-SW.

MOTS-CLEFS: Pétrologie structurale, Granitoïdes, Région de Kanyiki Bakwa Bowa, Province de Lomami, République Démocratique du Congo.

1 INTRODUCTION

L'étude de la pétrologie structurale des roches vise à connaître et à comprendre la nature de la microstructure, la minéralogie, la composition géochimique et la dynamique de l'environnement dans lequel ces roches se sont formées.

Le Complexe Archéen granitique et migmatitique de Dibaya n'a connu que des travaux descriptifs sommaires réalisés par Delhal et al (1967); Thoreau J et Lepersonne J (1967), Raucq, 1974; Rumvegeri et al, (1990) et Kanyinda et al, (1992) auquel

appartient le site d'étude. Des observations complémentaires ont été effectuées sur la structure et pétrologie de ces formations dans le secteur de Kananga par Kabengele et al., (1991).

Ces formations géologiques du Complexe granitique et migmatitique de Dibaya dans le secteur de Kanyiki Bakwa Bowa n'ayant pas connu une étude sectorielle très détaillée, a nécessité une étude approfondie dans le souci de préciser leur signature tectonique ainsi que leurs conditions de mise en place. De cette façon, une reconstitution du modèle géologique et de l'environnement de leur mise place sera facilitée non seulement par la présence de certains marqueurs structuraux qui sont enregistrés dans ces formations, vu que la tectonique les a profondément affectés.

Aussi, l'objectif de ce travail est-il de combler ces lacunes par une étude structurale détaillée à travers de nouvelles observations et analyses de données structurales poussées (Fluidalités magmatiques planaires, foliation, remplissage des minéraux, ainsi que certaines fractures) qui ont été réalisées sur ces formations granitiques et gneissiques en nous basant sur l'interprétation des données faite à la lumière d'une bibliographie abondante et récente sur les granitoïdes.

Comment comprendre la formation, l'évolution et le contexte géotectonique de mise en place du massif granitique et migmatitique de Kanyiki Bakwa Bowa à travers son étude pétrologique structurale et son contexte géotechnique de mise en place ?

Connaissant que les formations géologiques ne se mettent pas en place et ne se déforment pas au hasard, grâce à certains marqueurs structuraux qui sont enregistrés dans ces formations granitiques et migmatitiques, il y a lieu de reconstituer leur mise en place et d'en déduire les différents épisodes de déformation.

Cette étude permet de relever succinctement le contexte structural de ce secteur et le style tectonique en le situant par rapport au contexte tectonique régional.

2 MÉTHODOLOGIE

Elle a consisté en la description des unités géologiques rencontrées. Par la suite, des analyses descriptives et cinématiques ont été effectuées sur les différents éléments structuraux (foliations, couloirs de cisaillement, plis, failles, etc.) les ayant affectées. L'ensemble de ces données structurales collectées sur le terrain a permis de réaliser des rosaces directionnelles de ces structures ce qui a facilité leur interprétation dans la suite du travail.

Des échantillons prélevés sur certaines roches ont également servi à la confection de quarante lames minces afin d'étudier les déformations intracristallines. Ainsi, l'analyse de la déformation intracristalline a été basée essentiellement sur l'observation au microscope polarisant de la fabrique des minéraux tels que le quartz, les feldspaths et la biotite. Ces lames minces ont été réalisées dans les zones fortement déformées.

Les roches de ce secteur font partie du complexe Archéen granitique et migmatitique de Dibaya, lequel appartient au Super Groupe du Kasai-Lomami, qui forme avec les gneiss de la haute-Luanyi le craton du Kasai (Delhal, 1976). Le complexe de Dibaya est daté à 2,6 Ga (Delhal, 1975). Il est le plus jeune du craton du Kasai et a une direction générale NNW-SSE (Fig.1).

Ce complexe s'étend depuis le Nord du 7^{ème} parallèle Sud et est limité au Sud par le complexe Volcano-sédimentaire de Lulua et par la faille de Malafudi. Il est composé des granites, des granites migmatitisés résultant de la remobilisation d'un substratum granitique, avec localement des pyroxéno-amphibolites, des roches itabiritiques à amphibole. Des roches magmatiques telles que les serpentinites, pyroxénites, les dolérites andésitiques, les gabbros et les dolérites sont aussi observées dans ce complexe (Delhal et al, 1975).

La texture de ces roches est porphyroblastique à hétéroblastique, par endroit mylonitique. Un grand événement de déformation a affecté ce complexe. Cet événement a favorisé les conditions de faciès amphibolitique, de migmatisation et de granitisation. Son âge est de 2,7 Ga sur les gneiss de Dibaya (Delhal et al, 1975).

Dans sa partie Sud-Est, on trouve le faciès granitique peu ou pas déformé, des granites d'anatexie appelés « granites de la Malafudi ».

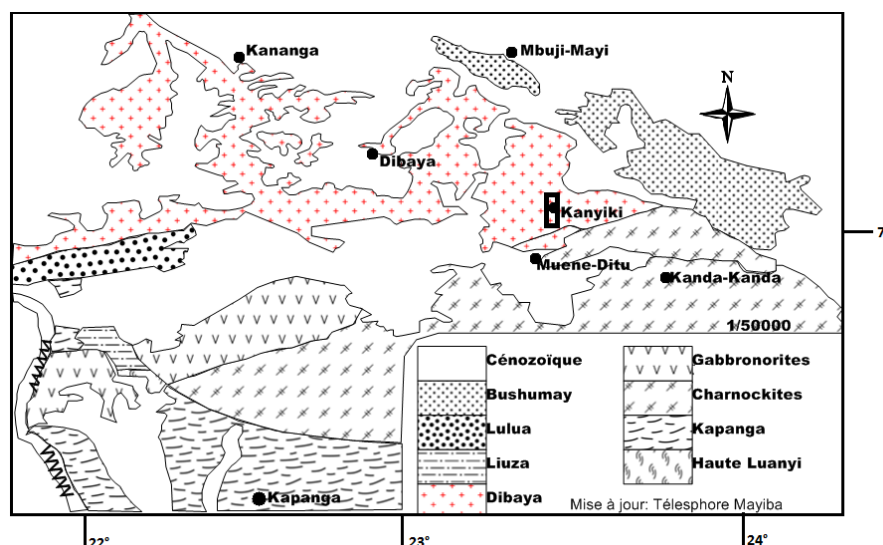


Fig. 1. Carte géologique de formations du Kasai - Lomami

3 RÉSULTATS

3.1 ANALYSE STRUCTURALE

L'étude de la déformation abordée dans cette partie du travail, va analyser et décrire les différents éléments structuraux qui ont affecté les différentes formations géologiques observées dans le secteur. Ces éléments structuraux ont fait l'objet d'étude à plusieurs niveaux d'observations notamment sur le terrain, sur les échantillons ainsi qu'en lames minces et ils ont permis de mettre en évidence, à ces différentes échelles, des caractéristiques propres à chaque faciès. L'analyse géométrique et cinématique détaillée de ces éléments structuraux a permis de les subdiviser en deux groupes:

- Éléments structuraux issus de la déformation ductile: comprenant les fluidalités magmatiques, les foliations ainsi que les méso-plis;
- Éléments structuraux issus de la déformation fragile ou cassante: comprenant les fractures seches, la schistosité et les failles, les couloirs de cisaillements; et les structures filoniennes liées à la fracturation.

Parmi les éléments structuraux recensés, nous pouvons citer des structures planaires représentées par: la fluidalité magmatique, la foliation et schistosité, les fracturations, les plans de cisaillement d'une part et celles linéaires par l'alignement de certains minéraux. Nous nous sommes proposé de faire également une analyse à l'échelle mésoscopique et microscopique vu la déformation présentée par certains minéraux lors des observations microscopiques au laboratoire. L'ensemble de cette étude, à différents niveaux d'observations, contribuera à une meilleure connaissance de la configuration structurale du massif de Kanyiki Bakwa Bowa afin de l'intégrer dans l'évolution tectonique locale, régionale et voire même africaine.

La fluidalité magmatique est observée dans tout ce massif; elle est d'une part planaire et représentée par l'agencement de certains minéraux plats. Elle a affecté la majorité des formations magmatiques observées dans le secteur sous étude. D'autre part, la fluidalité linéaire est représentée par l'alignement de certains minéraux. (Fig 2 a); Les structures linéaires observées sont des linéations d'étirement. Elles sont soulignées par l'étirement des cristaux de quartz et l'allongement des cristaux de feldspaths et des biotites orientés N100°E- N110°E avec un plongement moyen de 7°NW. (Fig. 2 d-e)

La foliation est pénétrative et se manifeste par une alternance de lits clairs quartzo-feldspathiques et de lits sombres constitués de biotites, amphiboles et chlorites. Elle a affecté la majorité des formations observées au Sud -Est du secteur. Elle présente une orientation majeure NW-SE avec un pendage subvertical (Fig 2 b).

Les Couloirs de cisaillement ont été observés sur l'ensemble du massif avec une prédominance au centre, au Sud et à l'Est. Elles ont affecté principalement le granite gneissique, le granite à biotite et la granodiorite (Fig. 2 c).

A l'affleurement, elles peuvent s'étendre sur quelques mètres avec une puissance qui varie du millimètre au décimètre quelque fois au mètre (au Sud du secteur vers le village Tshimenga). L'analyse de la rosace de fréquence a permis de mettre

en évidence les orientations majeures cassantes suivantes: NW-SE, NE-SW et E-W dont la plus prépondérante est NW-SE (voir la figure 2 c et f).

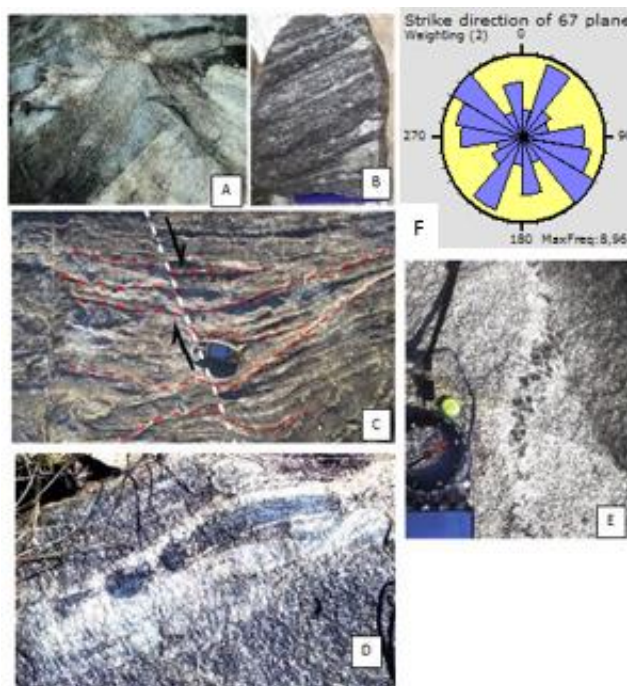


Fig. 2. (a) Fluidalité magmatique planaire, (b) Foliation orientée NW-SE dans le granite gneissique (c) Cisaillement orienté NE-SW à jeu dextre dans le granite gneissique. Traits en pointillés blancs et rouges désignent respectivement les trajectoires de cisaillement, fluidalités et foliation; (d-e) structures linéaires (alignements de minéraux de la biotite)

3.2 MÉSOPLIS

Ces plis sont visibles dans ce massif et ils ont été observés respectivement dans le granite gneissique et le granite (Fig. 3). Ce sont des plis de dimension millimétrique à décimétrique ayant des plans axiaux de direction NW-SE. Comme nous pouvons le voir sur les figures ci-après ces formations granitiques et gneissiques ont subi une importante déformation sous l'effet d'une contrainte compressive qui a agi lorsqu'elles étaient encore comme des matériaux plastiques. Ces mésoplis correspondraient à plusieurs épisodes de déformation du fait que certains plis sont soit replissés ou soit superposés. Plusieurs sortes des mésoplis ont été observées sur le terrain, il s'agit des plis droits, déjetés, couchés, en genou, coffrés, en chevron ainsi que les disharmoniques. Leur présence dans ce massif démontre une importante force tectonique qui a pu jouer un rôle majeur dans la région.

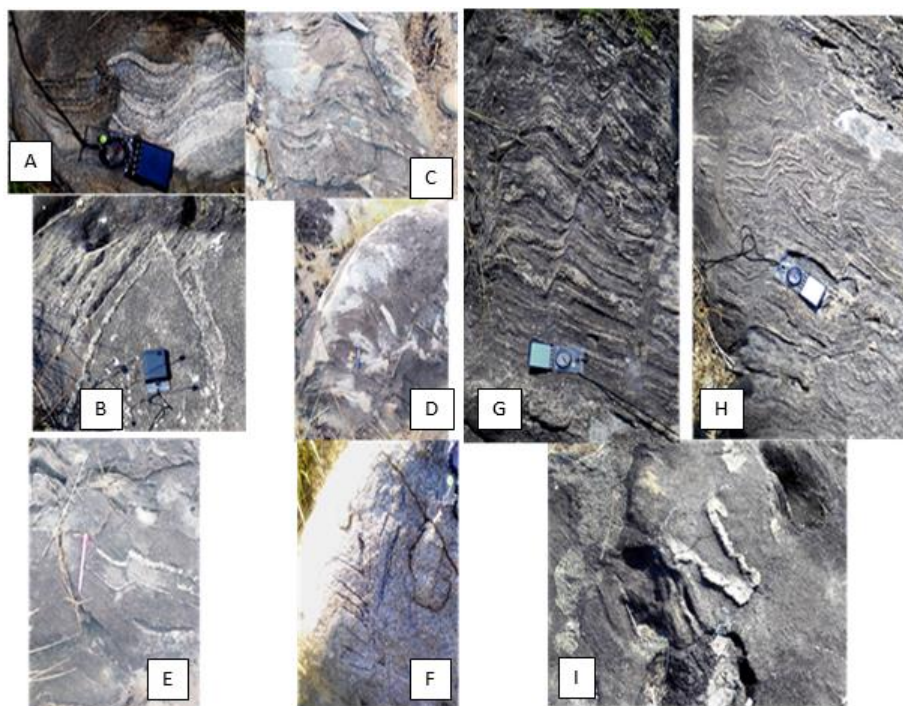


Fig. 3. Mésoplis dans les granitoïdes du massif de Kanyiki Bakwa Bowa. Plis A; B: droits, C: déjetés; D: couchés, E: coffrés; F: en genou, G: en chevron; H-I plis disharmoniques

3.3 STRUCTURES DE LA DÉFORMATION CASSANTE

Les fractures sont très fréquentes dans le massif de Kanyiki Bakwa Bowa. Elles ont affecté quasiment toutes les formations, en particulier les granitoïdes. Sur le terrain, on les observe sous forme de fractures *sensu stricto*, fractures conjuguées, fractures décrochantes généralement dextres. Ces fractures présentent statistiquement plusieurs familles de directions et de pendages variés. Ainsi, avons-nous les fractures orientées E-W et NW-SE et NE-SW et ces derniers sont les plus dominantes dans ce massif. Ces fractures sont observées pratiquement sur toute la zone d'étude, elles présentent secondairement d'autres orientées N-S. Certaines de ces fractures présentent souvent des remplissages de minéraux tels que le quartz et les feldspaths (Fig.4).

3.4 FAILLES ET DÉCROCHEMENTS

Sur le terrain à l'échelle mésoscopique, des failles et des décrochements ont été mis en évidence sur l'ensemble du massif, d'une part grâce aux différents miroirs de failles observés et, d'autre part, grâce aux déplacements centimétriques à décimétriques entre les lithologies affectées. Les plans de failles sont des plans sur lesquels on observe des stries qui permettent d'indiquer la direction et le sens du déplacement. Ces plans de failles sont généralement orientés ENE-WSW à E-W avec des stries subhorizontales à horizontales traduisant des failles décrochantes senestres mais parfois dextres sur l'ensemble de la zone. Plusieurs crochons de failles ont été observés également et ils ont indiqué que ces formations avaient un comportement ductile et que le mouvement ayant permis cette déformation y était relativement associé aux mouvements le long des failles (Fig. 4).

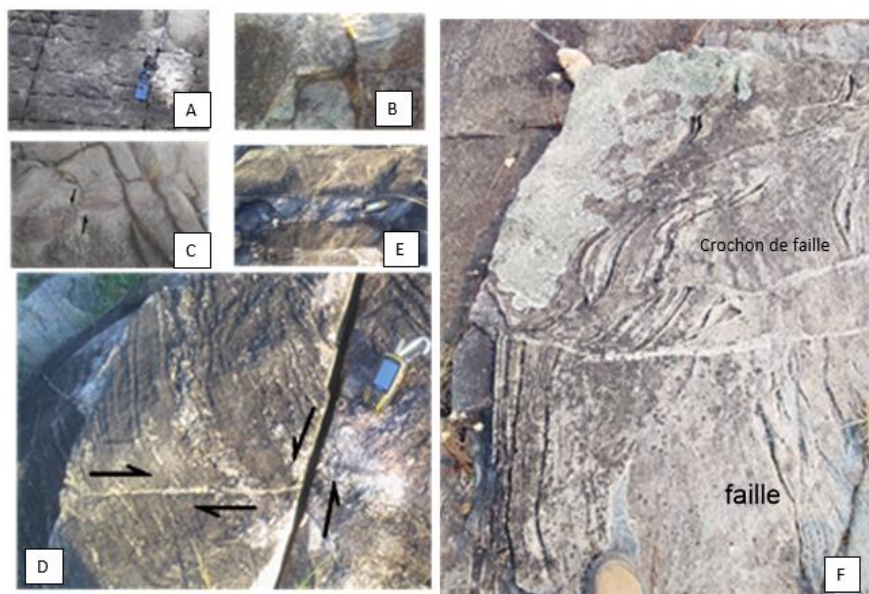


Fig. 4. Structures fragiles et filoniennes du massif de Kanyiki Bakwa Bowa. (a) Fractures conjuguées N124°E et N040° E dans le granite; (b) Miroir de faille présentant des stries subhorizontales; (c- d) Failles décrochantes à jeu senestre et dextre dans le granite gneissique; (e) Fractures avec des remplissages de quartz et feldspath et Filon de pegmatite dans le granite gneissique. (f) Crochon de faille observé

3.5 LES ENCLAVES

Cette zone renferme un cortège d'enclaves très important. Différents types et variétés d'enclaves ont été distinguées dans le massif granitique de Kanyiki Bakwa Bowa. Il s'agit: des xénolites des orthogneiss, des enclaves microgrenues mafiques (souvent aussi sous forme de 'schlierens') Fig 5. Il faut noter qu'aucun contact direct entre granitoïdes et orthogneiss n'a été observé mais le caractère intrusif du massif granitique a été mis en évidence par la présence remarquable des enclaves enallogènes des métamorphites.



Fig. 5. Les enclaves microgrenues mafiques

Les enclaves surmicacées sont de très petite taille (< 35cm) et de couleur noire, ce qui rend leur observation difficile. Elles montrent un aspect uniforme, un éclat luisant et sont composées d'une trame dense de biotite (plus de 50 %) en fines paillettes fraîches et de couleur noire. Entre les mailles de la trame biotitique apparaît un fond limpide composé de plagioclase et de rares grains de quartz (Fig 6). Ces enclaves passent de la forme ovoïde dans les faciès peu déformés à des formes allongées dont certaines dans la direction de la foliation magmatique (NW-SE) dans les faciès les plus déformés. La rotation de certaines enclaves montre un mouvement dextre.

On observe également des enclaves de roches basiques ainsi que gneissique dispersées dans l'ensemble de ce massif. Ces enclaves sont de tailles très variables et présentent une très grande hétérogénéité au niveau des affleurements. Ce sont des roches de couleur sombre (fig 6), présentant des structures aphanitique à phanéritique constituées essentiellement des oxydes et des phénocristaux de plagioclases. Les minéraux du granite hôte se retrouvent dans les enclaves; ce sont le quartz et le plagioclase. Elles sont soit de forme ovoïde, soit fusiforme avec des bordures nettes ou diffuses ou les grains sont très fins avec une direction NW-SE. Elles présentent un zonage progressif de la bordure vers le cœur.



Fig. 6. Les différentes enclaves observées dans le massif granitique et gneissique de Kanyiki Bakwa Bowa

3.6 STRUCTURES FILONIENNES

Dans ce massif, nous avons observé plusieurs filons de différentes natures. Il s'agit entre autres: des filons de quartz, de pegmatite et d'aplite. Les filons de quartz, dolérites et de pegmatites y sont les plus fréquents. Ils recoupent pratiquement toutes les autres structures trouvées dans ce massif. On les retrouve dans toutes les formations où ils peuvent être discontinus et de puissance centimétrique à métrique. Ces filons se présentent parfois plissés voire même boudinés, c'est le cas pour certains observés dans les gneiss. Ils présentent plusieurs familles de direction dont les principales sont NW-SE suivies des directions NE-SW, N-S et E-W. il sied de signaler que la plupart de ces filons épousent la même direction NW-SE que la fluidalité magmatique (Fig. 7).



Fig. 7. Les différents filons observés dans le massif

3.7 DÉFORMATION INTRACRISTALLINES

Il ressort des observations microscopiques que les minéraux de quartz observés se présentent dans leur ensemble sous forme xenomorphique. On les observe également sous forme de rubans, où ils présentent des microstructures de déformation variables avec une extinction roulante observée dans les minéraux de taille moyenne à grossière entre autres: le plagioclase, l'orthose, le quartz; des contours dentelés et parfois des microfissures et des sous-grains. Les plagioclases sont affectés par des microfissures synchrones à la mise en place des magmas. Elles sont caractérisées par des remplissages principalement de quartz, mais aussi de feldspaths, de micas (biotite chloritisé, muscovite).

On observe souvent que les feldspaths sont soit plissotés, soit tordus ou encore présentant un aspect poussiéreux, ce qui atteste qu'ils ont subi un certain degré de déformation plastique. Certaines plages de plagioclases montrent des zonations en kink-bands avec un cœur présentant des altérations en séricite. Les minéraux de biotite sont pour la plupart chloritisés et plissés, tout comme les plagioclases (Fig. 8).

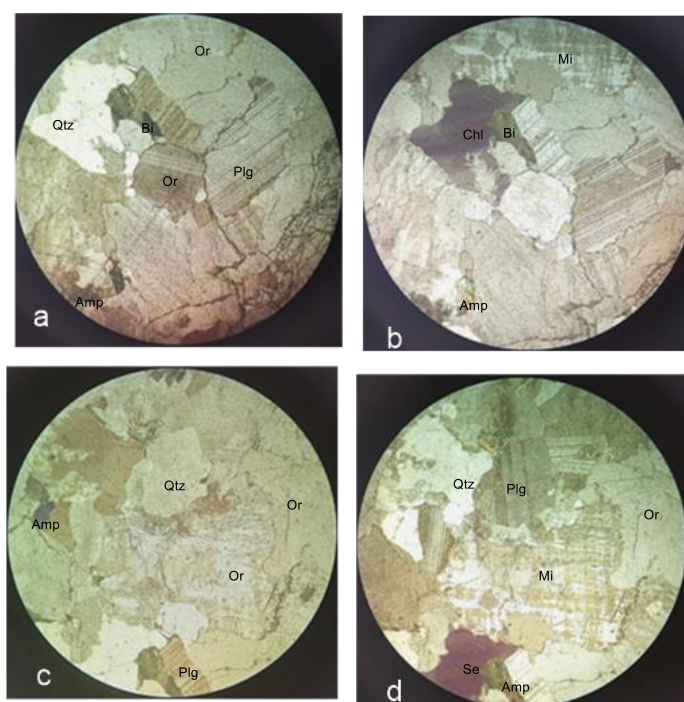


Fig. 8. Déformations intracristallines observées dans les granitoïdes dans le secteur sous étude. (a) Quartz avec une extinction onduleuse; (b) et (c) Quartz présentant des sous-grains et sous-structures en damier; (d) Plagioclase en "kink" avec des microfissures, (d) Plagioclase zoné avec à son cœur des altérations en séricite et épidote; et (f) Biotite parfois chloritisée

4 DISCUSSION

L'analyse structurale bénéficie du nouveau cadre fourni par la théorie unificatrice de la tectonique des plaques donnant ainsi une vision beaucoup plus cohérente de l'évolution globale de la terre (Davis, GH et Reynolds, SS; 1996).

Au regard des observations faites sur le terrain, tant au niveau méso-microscopique que macroscopique, nous estimons que la déformation dans le massif de Kanyiki Bakwa Bowa peut avoir connu plusieurs phases mais c'est la dernière orientée NW-SE qui aurait masqué les autres précédentes.

Cette phase de déformation a été très marquante car elle s'est exprimée non seulement dans les métamorphites mais aussi dans les granitoïdes. Les éléments structuraux associés à cette déformation sont néanmoins reconnaissables dans les gneiss et dans les granites gneissiques. Ils sont marqués essentiellement par des structures planaires représentées par la foliation et/ou la schistosité. Dans ces métamorphites, cette structure est définie d'une part par une alternance de minces bandes claires riches en rubans de quartz et en amandes asymétriques de feldspath et de bandes sombres riches en paillettes de biotite (foliation de type « litage compositionnel » (Bard, 1980 in Fossi, D-H., 2015), et d'autre part, par l'orientation préférentielle des rubans de quartz. La schistosité garde la même direction que la foliation et elle s'observe dans toutes les roches

métamorphiques de ce secteur. Par ailleurs, elle est beaucoup plus marquée dans les gneiss où elle se traduit par l'orientation préférentielle des cristaux de quartz.

Même dans les granites gneissiques, la foliation est soulignée par une alternance compositionnelle caractérisée par un rubanement de lits clairs et des lits sombres composés de minéraux ferromagnésiens (biotite et amphibole). Fig 9



Fig. 9. La roche initiale comprenait principalement des roches acides (beige), avec quelques niveaux basiques (brun)

On observe aussi la schistosité “S-C mylonite”, terme proposé pour la première fois par Berthé et al. (1979) pour décrire les mylonites ayant des plans de schistosité (S) associés aux plans de cisaillement (C) dans les plans du cisaillement. Les structures S-C sont observées dans les gneiss. Elles sont caractérisées par des plans (S) parallèles à la schistosité de mylonitisation et formant avec les plans de cisaillement (C) un angle inférieur à 40°. Cette déformation a été observée dans ce secteur, les formations sont redressés et plissés; des minéraux recristallisés apparaissent dans les petites fractures développés lors des déformations (Fig. 10).

Les plans (C) de cisaillement sont marqués par la disposition à l’oblique sur les plans de schistosité des paillettes de biotite et des cristaux de quartz. Cette phase a affecté aussi les formations magmatiques.

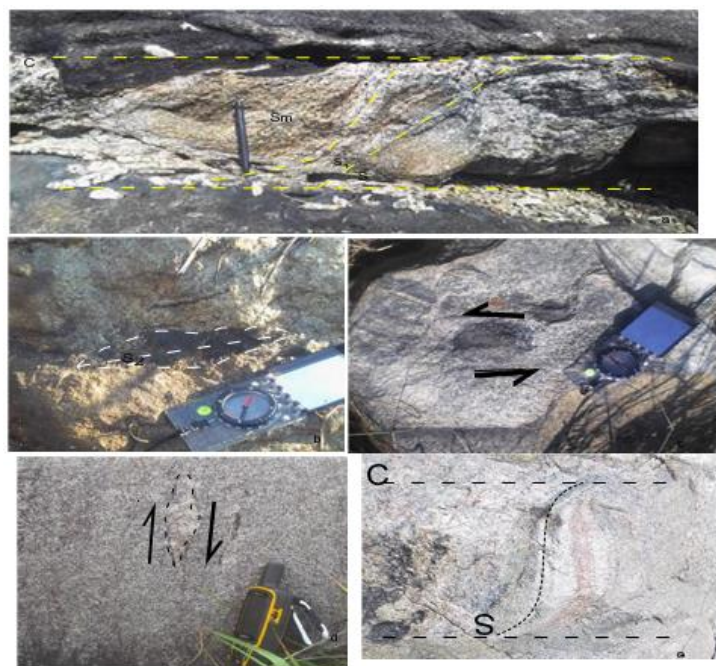


Fig. 10. *Quelques structures observées: Structure S-C; c- Schistosité S2 mylonitique; d- Structure coronitique d'un feldspath potassique; e-Sigmoïde de feldspath à cinématique senestre. L'asymétrie des sigmoïdes de mégacristsaux de feldspaths disposés obliquement par rapport au plan (C) permet d'apprécier le sens sénestre du mouvement cisailant (c)*

L'étude de la fracturation vient compléter l'argumentation en faveur de la phase principale NW-SE ayant affecté toute cette région. Cette fracturation comporte plusieurs joints. Dans le massif, ils s'observent dans les roches magmatiques et métamorphiques. Traduisant un retrait thermique (roche magmatique) ou un relâchement des efforts tectoniques. Dans les complexes plutoniques, les joints primaires sont classiquement subdivisés en joints transversaux, longitudinaux et diagonaux. Ces fractures sont soit ouvertes, soit remplies; elles forment des réseaux complexes, parfois denses, apparemment sans signification évidente mais qui, en réalité, ont des relations étroites avec les fluidalités magmatiques (Marre, 1981 in Tshimanga K, 1984). Ces discontinuités proviendraient soit de la relaxation des contraintes résiduelles en fin de cristallisation du magma (Black, 1984; Sirna, 1980 in Tshimanga K, 1984) soit de la poussée du magma contre sa coquille plus solide que l'intérieur au contact de l'encaissant (Price, 1966). Dans ces conditions, il faudrait considérer que cette fracturation est synchrone à la mise en place de magmatites.

Plusieurs plans de fractures ont été mesurés sur le terrain, leur classification a été facilitée suivant leurs orientations par rapport à la fluidalité et l'analyse statistique des directions, ce qui a permis de construire les histogrammes ainsi que les différents stéréogrammes en utilisant différents canevas.

Les observations faites ont permis de mettre en évidence les marqueurs de la déformation à l'échelle microscopique et leur apport dans la reconstitution du contexte de mise en place des roches. Cette structurologie porte sur le comportement des certains minéraux au cours de la cristallisation du magma. Cela permettra de distinguer les différents stades d'évolution subie par le magma depuis l'état magmatique jusqu'à l'état solide en passant par l'état transitoire dit "le comportement du corps de Bingham". D'après Tshimanga, (1991) une déformation à l'état magmatique est celle qu'a subie un bain silicaté contenant des cristaux et où la quantité du liquide est suffisamment grande pour minimiser l'interaction entre les grains et empêcher la formation des charpentes solides, ceci se traduisant par des fluidalités. Une déformation à l'état transitoire permet une interaction entre les grains en présence d'une quantité de liquide, suffisante pour éviter la formation des charpentes solides continues. À l'état du corps de Bingham, le magma n'est pas encore entièrement cristallisé. Ce stade marque une transition entre l'état magmatique et l'état solide (Van der M. et Paterson, (1979); Soufi et al, 1984). Une déformation à l'état solide est celle qui affecte la roche entièrement cristallisée et qui par son comportement rhéologique peut subir une mylonitisation (Tshimanga, 1991). Dans le secteur de Kanyiki Bakwa Bowa, les déformations à l'état transitoire et à l'état solide ont été observées. Les marqueurs de déformation dans le premier cas dans ces formations sont marqués par des cristaux précoces de feldspath, biotite et plagioclase qui enregistrent des déformations ductiles et fragiles. Ces marqueurs sont témoignés, dans le secteur, par des sigmoïdes à asymétrie dextre des cristaux de feldspath potassique ainsi que de biotite dans les gneiss

granitiques (fig: 11 d) par les agrégats polycristallins composés essentiellement du quartz et de l'orthose ainsi que par les cristaux de feldspaths et de plagioclase affectés par la fracturation et présentant des microfractures transversales. Ces microfractures, qui sont remplies par des microcristaux (granulation) de quartz, indiquent probablement que les contraintes n'ont pas été annulées avant la cristallisation totale de la roche, ce qui peut, d'après Berthé et al., (1979), provoquer la déformation et la transformation du granite solidifié en gneiss, le cas de ce massif. Selon Tommasi et al., (1994), les microstructures de la déformation à l'état solide de haute température sont marquées par des rubans de quartz polycristallins montrant une structure en mosaïque caractérisée par une forte interpénétration des grains, due à la migration de leurs bordures affectant les bordures des feldspaths potassiques et disposées parallèlement à la schistosité.

Dans le massif de Kanyiki Bakwa Bowa, il s'observe des niveaux plus basiques (Fig 11 b). Ces niveaux basiques sont intercalés dans de roches granitiques (acides). Suite à une répétition du mouvement d'aplatissement-étirement et/ou cisaillement d'alternance entre des niveaux de ductilité (déformabilité) variable, plusieurs ruptures se sont fait et ont permis même la formation de boudins des niveaux peu déformables au sein des niveaux très ductiles qui se déforment de façon continue. Ce boudinage (Fig 11 a) se serait produit au même moment qu'il y a eu des déformations avec aplatissement/étirement ayant affecté les roches de ce massif. Ce serait donc un ensemble des boudins issus d'une phase tectonique où la contrainte principale est orientée NW-SE.



Fig. 11. la roche initiale comprenait principalement des roches acides (beige), avec quelques niveaux basiques (brun)

Les déformations observées sur le terrain montrent dans leur ensemble une orientation préférentielle NW-SE. Ce qui correspond à la direction archéenne qui résulte d'une compression régionale NE-SW (Delhal J., et al., 1967). Cette compression est responsable de la foliation NW-SE ainsi que de structures orientées secondairement NE-SW. (fig. 12)

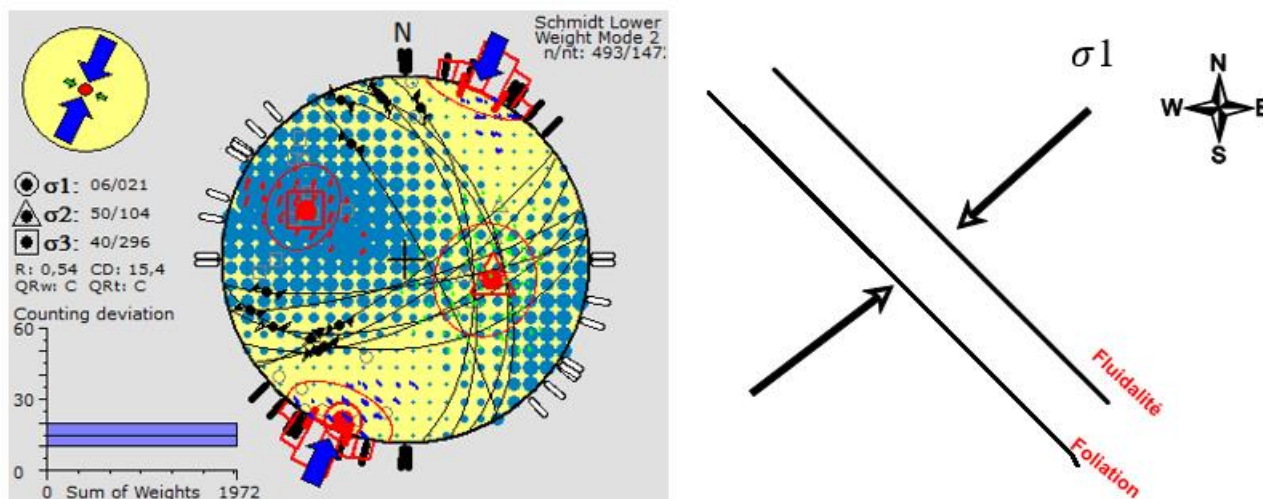


Fig. 12. Tenseurs de contrainte des joints dans le massif de Kanyiki Bakwa Bowa

Dans ce complexe, cette compression est également responsable des cisaillements, failles et plissements observés. Les méso-plis observés dans les granitoïdes de ce massif, pourraient s'expliquer par l'intensité de la déformation qui y a prévalu, ce

qui va contraindre ces derniers à se plisser. Ce sont des plis de dimension millimétrique à décimétrique ayant des plans axiaux de direction NW-SE. Toutes les microstructures observées dans les lames minces traduisent des déformations à l'état solide-visqueux dont la manifestation est variable et témoigne la force tectonique qui a régné lors de la mise en place. Toutefois, les extinctions onduleuses et les sous-grains observés dans les minéraux de quartz sont dus à une déformation de basse température et/ou de forte contrainte probablement à l'état solide.

Cette déformation correspond à une reprise tectonique indépendante de l'histoire de mise en place de ce massif, ce qui fera apparaître les extinctions onduleuses comme premières sous-structures à s'imprimer dans le quartz. En outre, les déformations des plagioclases ainsi que des biotites et les sous-structures de quartz en damier témoignent d'une faible déformation de haute température (Bouchez *et al.*, 1992; Gleizes *et al.*, 1998; Nédélec et Bouchez, 2015). La déformation à l'état solide du quartz se poursuit alors après la cristallisation du pluton, en général à sa périphérie sur quelques dizaines à quelques centaines de mètres.

Un grand intérêt porté ces dernières décennies, à l'étude des enclaves des granitoïdes (Chappell *et al.* 1987, Vernon *et al.*, 1988, Didier & Barbarin, 1991; Haïmeur J., 2002) et connaissant que celles-ci représentent d'une part des fragments de terrains traversés et assimilés par le magma granitique (cas des xénolites « enclaves surmicacées dans le granite ») ou, d'autre part, des témoins de stades de mélanges magmatiques acide-basique (cas des enclaves microgrenues trouvées sur le terrain), elles peuvent ainsi être considérées comme des "boîtes noires" capables de renseigner sur les conditions de genèse et d'évolution de granitoïdes. Sur cette base, de nombreux travaux réalisés sur différents plutons granitiques à travers le monde (Zorpi *et al.*, 1989 et 1991, Lornec, 1990, Pin *et al.*, 1990, Tshimanga K, 1991; Poli & Tommasi ni, 1991 et 1999, Maury & Didier, 1991, El Amrani 1992 et 1988, Schödlbauer *et al.*, 1997, White *et al.*, 1999, Silva *et al.* 2000; Thomas P., 2010...) ont permis de réaliser un grand pas dans le développement des connaissances sur les mécanismes de fusion des matériaux crustaux et les processus de mélanges magmatiques à l'origine de la genèse des granitoïdes. Au regard du nombre d'enclaves basiques trouvées dans notre milieu d'étude, nous pouvons dire qu'il y a eu un mélange magmatique.

5 CONCLUSION

Les formations de la région de Kanyiki Bakwa Bowa sont essentiellement constituées de diorite, tonalite et trondhjémite, granodiorite, granites, monzogranites, granites leucocrates, granite gneissique et gneiss ainsi que les grès arkosiques.

En outre, les structures mises en évidence: foliations, couloirs de cisaillements, plis, fissures montrent que la zone fut l'objet de plusieurs phases de déformations dont la phase majeure est la compression régionale NE-SW.

Enfin, l'analyse de la déformation intracristalline montre que la majorité des granitoïdes de la région de Kanyiki Bakwa ont subi une déformation à l'état solide et des mécanismes de fusion des matériaux crustaux et les processus de mélanges magmatiques à l'origine de la genèse des granitoïdes. Au regard de nombre d'enclaves, xénolites et restites trouvées dans notre milieu d'étude, nous pouvons dire sont des granitoïdes d'anatexies.

REFERENCES

- [1] Bard, J-P., 1980: Microtexture des roches magmatiques et métamorphiques, Masson, Paris, 192 pp.
- [2] Beckinsale, R.D., Gale, N.H., Pankhurst, R.J., Macfarlane, A., Crow, M.J., Arthurs, J.W., Wilkinson, A.F. (1980). Discordant Rb-Sr and Pb-Pb whole rock isochron ages for the Archean basement of Sierra Leone. *Precambrian Research*, 13, 63-76.
- [3] Beleta s c, 2013: Pétrographie et caractérisation structurale des formations magmatiques et métamorphiques du secteur nord-ouest de bitkine (massif du guera - tchad), univ ngaounde re, fac sc, dépt geol, mémoire de master en géosciences et environnement, 102 p.
- [4] Berthe D., Choukroune P. & Jegouzu P. 1979. Orthogneiss, mylonite and non coaxial deformation of granites: the example of the South-Armorican Shear Zone. *Journal of Structural Geology*, 1, 31-42.
- [5] Black, 1984: The pan africain event in the geological framework of africa. *Pangea* 2.
- [6] Bouchez, J.L., Delas, C., Gleizes, G., Nédélec, A., Cuney, M. (1992). Submagmatic microfractures in granites. *Geology*, 20, 35-38.
- [7] Chappel B.W., White A.J.R. & Wyborn D. 1987. The importance of residual source material (restite) in granite petrogenesis. *J. Petrol.*, 28, 1111-1138.
- [8] Davis D.W., Hirdes W., Eisenlohr N.N. (1992). Reassessment of Proterozoic granitoid ages in Ghana on the basis of U/Pb zircon and monazite dating. *Precambrian Res.*, 56: 89-96.

- [9] Delhal J., Thoreau et Lepersonne J., 1967: le complexe granitique et migmatitique de Dibaya (Kasaï) Ann Mus Roy Afrique Central Turv, ScGéol 55, 1 – 56.
- [10] Delvaux & Sperner (2003). The TENSOR program for paleostress reconstruction: examples from the east African and the Baikal rift zones. In: Terra Abstracts. Abstract supplement No.1 to Terra Nova, 5, 216.p.
- [11] Didier J. & Barbarin B., 1991 Enclaves and granite petrology, Elsevier, Develop. Petrol. 13, 445-463.
- [12] El Amrani E.I. & El Mouraouah A, 1992. La granodiorite des Oulad Ouaslam (Jbilet central, Maroc) et ses deux types d'enclaves microgrenues sombres: exemple d'association acide basique résultant de plusieurs stades de mélanges magmatiques. C.R. Acad. Sci., Paris, 314, 1325-1330.
- [13] Fossi, D-H., 2015: Evolution tectonique de la localité de Deng-Deng (Est-Cameroun), mém. Dépt. Sces, Univ de Yaoundé I. 87pp.
- [14] Gleizes, G., Leblanc, D., Santana, V., Olivier, P., Bouchez, J.L. (1998). Sigmoidal structures featuring dextral shear during emplacement of the Hercynian granite complex of Cauterets-Panticosa (Pyrenees). Journal of Structural Geology, 20, 1229-1245. 20.
- [15] Haïmeur J., Chabane A. & El Amrani E. I, 2002. Modèle de genèse et de mise en place de l'unité monzo-granodioritique externe du pluton composite de Zaër (Maroc central). 19ème Colloque de Géologie Africaine, El Jadida, p. 98.
- [16] Kabengele M., Rumvegeri B.T., Mpiana K., Kapenda D. et Lubala R-T., 1991: Structure pétrologie du complexe migmatitique Archéen de Kananga (Zaïre) IGCP n°273, new letter, Bull 1, 37, 45 – 9.
- [17] Lornec W.L. 1990. Magmatic mafic enclaves in granitoids of northern Sierra de Paimàn, Argentina. Geol. J., 25, 405-412.
- [18] Maury R.C. & Didier J. 1991. Xenoliths and the role of assimilation. In: Didier J. & Barbarin B., Enclaves and granite petrology, Elsevier, Develop. petrol., 13, 529-542.
- [19] Nédélec, A., et Bouchez, J.L. (2015). Granites: petrology, structure, geological setting, and metallogeny. Publisher: Oxford University Press, 348p. 35.
- [20] Schödlbauer S., Hecht L., Höhndorf A. & Mortani G. 1997. Enclaves in the S-type granites of the Kösseine massif (Fichtelgebirge, Germany): implication for the origin of granite. Geol. Rundsch., 86, 125-140.
- [21] Silva M.V.G., Neiva A.M.R. & Whitehouse M.J. 2000. Geochemistry of enclaves and host granites from the Nelasarea, Central Portugal. Lithos, 50, 153-170.
- [22] Soufi et al, 1984. – Dynamique de mise en place du massif granitique de Blond, France Batheman R. On the role of diapirism in the segregation, ascent and final emplacement of granitoid magmas. *Tectonophysics*, 110, 211–231.
- [23] Teha Koffi R., 2018, Caractères pétrographiques et géochimiques des granitoïdes birimiens du bassin de la Comoé et environs (Sud de la Côte d'Ivoire) « International Journal of Engineering Science Invention (IJESI), vol. 07, no. 12, pp 16-25.
- [24] Thomas, P., 2010, 2017. Mini-zones de cisaillement (shear zones) dans des granites et autres roches, Laboratoire de Géologie de Lyon / ENS de Lyon, 27p.
- [25] Tommasi, A., al., 1994: Magma-assisted strain localization in an orogen-parallel transcurrent shear zone of Southern Brazil. *Tectonics* 13, 2, 421-437.
- [26] Tshimanga A. 1991, Le magmatisme Ubendien (Protérozoïque inférieur) de la région de Lumono (NE du Shaba, Zaïre): pétrologie, géochimie et interprétation géodynamique de la chaîne Ubendienne, Thèse doct. Unilu. Fac. Scie. Géol. 103-194. 241 pp.
- [27] Van Der Molen, I & Paterson, M.S., 1979: Experimental deformation of partially-melted granite. Contribution of mineral and petrology, 70, 299-318.
- [28] Vernon R.H. & Paterson S.R., Tobisch O.T. 1989. A review of criteria for the identification of magmatic and tectonic foliations in granitoids. *Journal of Structural Geology*, 11, 349–363.
- [29] White A.J.R., Chappell B.W. & Wyborn D. 1999. Application of the restite model to the Deddick granodiorite and its enclaves. A reinterpretation of the observation and data of Maas et al. (1977). *J. Petrol.*, 40, 413-421.

Corrélation lithostratigraphique entre le bassin versant de Bushimay (Province du Kasai oriental, RDC) et celui de Lomami (Province de Lomami, RDC)

[Lithostratigraphic Correlation between the Bushimay Watershed (Eastern Kasai Province, DRC) and the Lomami Watershed (Lomami Province, DRC)]

Alphonse Tshimanga Kambaji¹, Hippolyte Mutombo Mbwebwe², and Télesphore Mayiba²

¹Professeur Ordinaire à l'Université de Lubumbashi, RD Congo

²Chef de Travaux l'Université Officielle de Mbuji-Mayi, RD Congo

Copyright © 2025 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This research work focuses on the lithostratigraphic correlation between the Bushimay watershed (Kasai Oriental Province, DRC) and that of Lomami (Lomami Province). The two study areas are located in the northern part of the central core of the Kasai Block of the Congo Craton. The drilling work made it possible to specify the lithostratigraphy and de facto the geological correlation. The set of stratigraphic logs calls for the following comment: A lithostratigraphic succession from top to bottom of the series, with variable thicknesses, of: ochre clayey sand of the Kalahari, top of cover formations consisting of sandstone with variable grain size and thin intercalary layers of argillites, breccia mainly with sandstone matrix, calcareous and/or granitic pebbles, Intrusion of a kimberlitic breccia whose age would be the same as that of the Bakuanga breccias, i.e. nearly 70 Ma classified in group 1, Proterozoic limestone and dolomite quasi-contemporary in sedimentation with the doleritic and basaltic magmatic pulses, an Archean basement consisting of ultrabasic rocks, in this case serpentinite and pyroxenite in contact with the granitoids. The transition from ultrabasites to the granitoids is characterized by a zone with quartz veinlets. This lithostratigraphic succession is similar in both the Bushimay and Lomami basins, with the only difference being that the basement (f) has not been intersected by drilling or identified in outcrops in the Lomami basin. This fact is probably justified by the increasingly greater thicknesses of the cover rocks from the W to the E. This basement outcrops to the W of the Bushimay basin and plunges towards the E from Boya. Everything appears that from Boya towards the E we move towards the interior of a sedimentation basin that becomes deeper and deeper and thus promotes deposits of increasingly thick sediments.

KEYWORDS: Lithostratigraphic correlation, Bushimay watershed, Lomami watershed, Eastern Kasai Province, Democratic Republic of the Congo.

RESUME: Ce travail de recherche porte sur la corrélation lithostratigraphique entre le bassin versant de Bushimay (Province du Kasai oriental, RDC) et celui de Lomami (Province de Lomami). Les deux Zones d'étude sont localisées dans la partie Nord du noyau central du Bloc Kasai du Craton du Congo. Les travaux de forage ont permis de préciser la lithostratigraphie et de facto la corrélation géologique. L'ensemble de Logs stratigraphiques appellent le commentaire ci-dessous: Une succession lithostratigraphique de haut en bas de la série, avec des épaisseurs variables, de: sable ocre argileux du Kalahari, sommet de formations de la couverture constitué du grès à granulométrie variable et minces couches intercalaires d'argilites, brèche essentiellement à matrice gréseuse, galets calcaires et/ou granitiques, Intrusion d'une brèche kimberlitique dont l'âge serait le même que celui des brèches de Bakuanga, soit près de 70 M.a. classée dans le groupe 1, calcaire et dolomie protérozoïques quasi-contemporains dans la sédimentation avec les pulsations magmatiques doléritiques et basaltiques, un socle archéen constitué de roches ultrabasiques, en l'occurrence la serpentinite et la pyroxénite au contact des granitoïdes. Le passage des ultrabasites vers les granitoïdes est caractérisé par une zone à veinules quartzifères. Cette succession lithostratigraphique est similaire tant dans le bassin de Bushimay que dans celui de Lomami au seul distinguo que le socle (f) n'a pas été recoupé par les forages ou identifié en affleurements dans le bassin de Lomami. Ce fait est vraisemblablement justifiable par des épaisseurs des roches de couverture de plus en plus grandes de l'W à l'E. Ce socle affleure à l'W du bassin de Bushimay est plonge vers l'E à partir de Boya. Tout apparait que de Boya vers l'E l'on chemine vers l'intérieur d'un bassin de sédimentation devenant de plus en plus profond et favorisant de ce fait de dépôts de sédiments de plus en plus épais.

MOTS-CLEFS: Corrélation lithostratigraphique, Bassin versant de Bushimay, Bassin versant de Lomami, Province du Kasai oriental, République Démocratique du Congo.

1 INTRODUCTION

La corrélation lithostratigraphique est essentielle pour comprendre les relations géologiques entre différentes régions. Dans le contexte de la République Démocratique du Congo (RDC), les bassins de Bushimay et de Lomami présentent des caractéristiques géologiques uniques qui nécessitent une étude approfondie pour établir des corrélations précises. La problématique centrale de cette recherche est de déterminer les similitudes et différences lithostratigraphiques entre ces deux bassins, et d'identifier les implications géologiques et économiques de ces corrélations ? Elle se résume en principales interrogations suivantes:

- Est-ce que les bassins versants des rivières Mbuji mayi (Bushimay) et Lomami sont tapissés par les formations géologiques de même pétrographie, même âge,... bref de mêmes caractéristiques géologiques, donc corrélables et offrant les mêmes intérêts économiques ?
- A quel train de méthodes d'investigation recourir pour caractériser les roches sous les 2 bassins et en dégager les ressemblances et les différences, base d'une corrélation lithostratigraphique?

Les bassins de Bushimay et de Lomami présentent des séquences lithostratigraphiques similaires en raison de leur proximité géographique et de leur histoire géologique commune et les différences lithostratigraphiques observées entre les deux bassins peuvent être attribuées à des variations locales dans les conditions de dépôt et les processus tectoniques. Ainsi, la géomorphologie, la végétation, la nature du sol et des débris détritiques, les roches en affleurements permettent à priori de dégager les traits ressemblances et de dissemblances mais notre ultime approche reste le forage qui nous rapporte la succession lithostratigraphique avec les échantillons respectifs aux différentes profondeurs. Le recours au forage a été notre ultime approche pour effectuer la corrélation lithostratigraphique des successions de roches dans les 2 bassins.

Ce présent a pour objectifs d'obtenir les échantillons de forage dans les bassins versants de Bushimay et Lomami, en dégager des logs stratigraphiques détaillés et en effectuer la corrélation géologique.

L'intérêt premier a été d'améliorer la compréhension de la géologie régionale, et de ce fait ouvrir des pistes d'intérêts économiques en faveur de la population.

Les travaux de cartographie géologique, notamment ceux réalisés à petite échelle, se basent sur des grilles grossières (extrapolations et interpolations) dans le site de Kabimba. Ils sont donc insuffisants pour une bonne connaissance de sites géologiques complexe (magmatisme, plissement, fracturation) (Mutombo H, 2013). Selon Mutombo et al, 2023, les données magnétiques aéroportées sur Kabimba ont permis de dégager des anomalies, puis confirmer la cause lithologique de chacun par le forage carottant. Celui-ci détermine la lithostratigraphie aux points des anomalies géophysiques.

2 PRESENTATION DES ZONES D'ETUDE

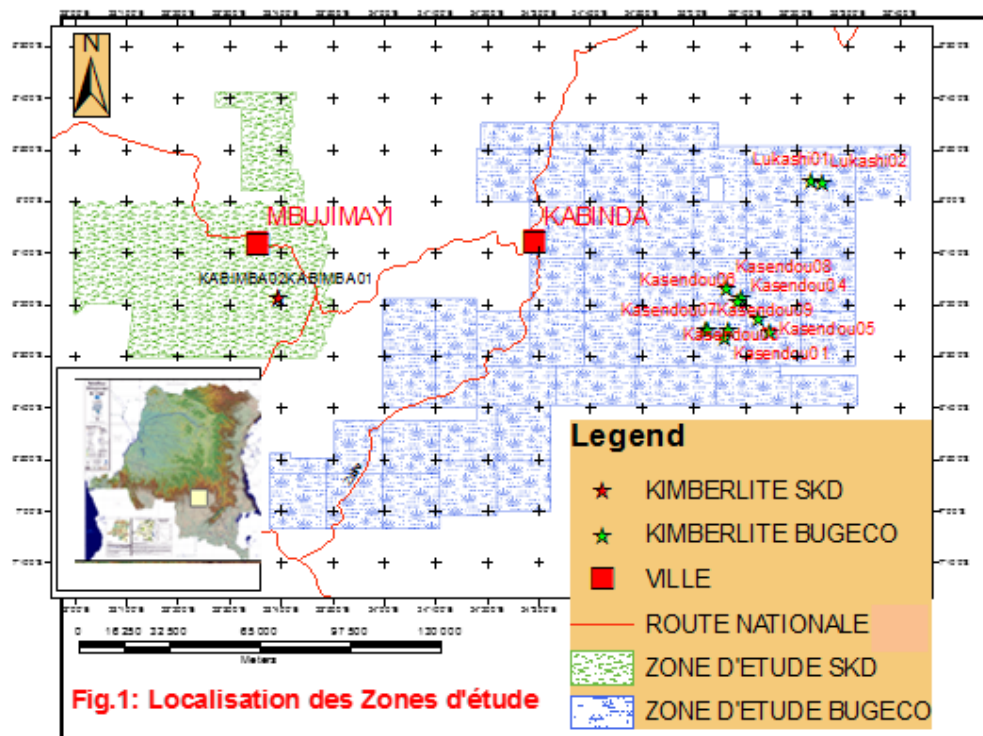
2.1 CADRE GÉOGRAPHIQUE

LOCALISATION

Les 2 bassins versants et nos 2 zones d'études sont présentées sur la Fig.1.

La Zone d'étude du bassin de Bushimay est située dans la Province administrative du Kasai Oriental (partie centrale de la RDC) et est délimitée par les longitudes 22°59'00"-23°50'00" Est et les latitudes 5°39'00"-6°30'00" Sud (Fig.1).

La Zone d'étude du bassin de Lomami est située dans la Province administrative de Lomami (partie centrale de la RDC) et est délimitée par les longitudes 23°30'00"-23°40'00" Est et les latitudes 5°39'00"-7°10'00" Sud (Fig.1).



Les bassins de Bushimay et de Lomami font partie d'une bande à pluviométrie accentuée, dont la direction Est-Ouest correspond grosso modo à la direction de la partie méridionale du bourrelet périphérique de la République Démocratique du Congo (Robert, 1946). C'est le climat de type « Soudanien » AW3 dans la caractérisation de Koeppen (Kambi, 2001). Un climat tropical à deux saisons sèches, qui prévaut dans les provinces administratives du Kasai oriental et de Lomami.

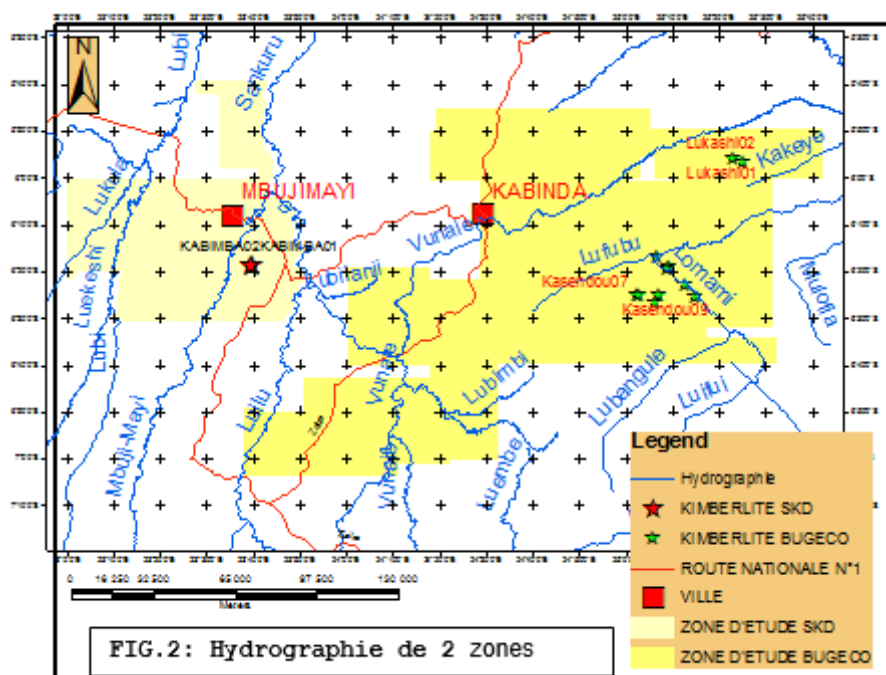
Les moyennes thermiques sont de l'ordre de 24°C, avec un minima de 22.4°C en juin et un maxima de 24.6°C en septembre et décembre (Focan et Mullenders, 1955).

L'insolation moyenne relative est située dans une zone calme avec des vents véritables et irréguliers, tant en vitesse qu'en direction. Les vents dominants viennent de l'Est et du Sud-Est, surtout en saison sèche (Focan et Mullenders, 1955).

Selon Gilson et Liben, (1960), trois types de sols sont identifiés dans les deux Zones d'étude, à savoir: Les arénoféris, les ferrisols et les garrosols.

Pour ce qui concerne les matériaux meubles dans lesquels se développe le sol, deux catégories sont à considérer: les produits de l'altération sur place ou presque des formations du substratum et le matériau des formations de couverture qui résulte d'un transport et d'un dépôt sur ce substratum. Il existe aussi des matériaux mixtes résultant d'une contamination plus ou moins importante des premiers par les seconds. (P. GILSON et L. LIBEN, 1960) et enfin des sols latéritiques.

Les Zones d'étude sont d'un relief doux et d'un réseau hydrographique dense (Kambi 2001) (Fig.2).



La région fait partie de l'immense pénéplaine qui, partant de la cuvette centrale, se relève lentement et progressivement vers le Sud où elle se raccorde à l'aire de surélévation axée sur la ligne de faite Congo-Zambèze (Polinard, 1935). Selon cet auteur, de façon plus précise, la région est caractérisée par un relief des plateaux étagés dont l'altitude s'élève vers le Sud.

L'évolution du réseau hydrographique a entaillé divers aplatissements, de sorte que le paysage se présente sous forme de croupes plates et parallèles séparées par des larges dépressions plus ou moins vallonnées occupées par les grandes rivières.

Le grand bassin de Bushimay comprend 3 sous-bassins hydrographiques d'Ouest en Est: le bassin de la Lubi, le bassin de la Mbujimayi et le bassin de la Luilu.

Le drainage dans le bassin de Lomami se fait sensiblement dans l'axe SW-NE par la rivière Lomami et ses affluents, en l'occurrence Lubangule, Lufubu, Kakeye, et Vunaie. Cette Zone se prolonge dans sa partie SW jusque dans le bassin versant de Bushimay. Le drainage s'y effectue par les affluents Lubimbi; Vunaie et Lubilanj vers le N dans la rivière Sankuru.

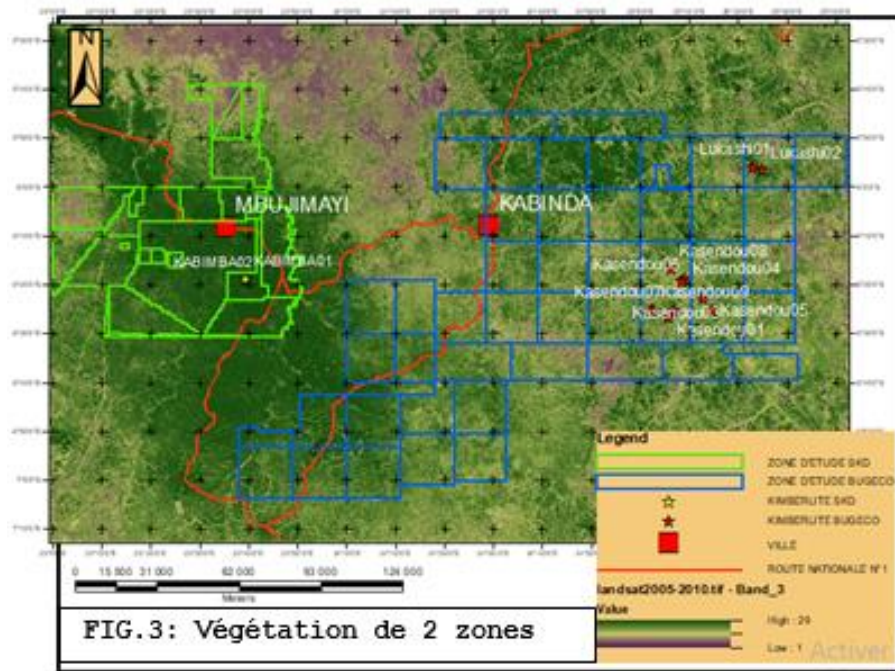
Dans ce bassin de Lomami plus de 5 amas kimberlitiques sont alignés SE-NW dans l'axe de la rivière Lomami suggérant manifestement que ce tronçon correspond à une faille qui aurait facilité l'ascension et la mise en place du magma.

Parmi les facteurs du milieu qui conditionnent le développement des diverses essences végétales, le régime des pluies est particulièrement important en Afrique Centrale en général et en particulier dans la région d'étude.

D'après la carte schématique des principaux aspects de la végétation de la RDC de Duvigneaud et Léonard (1953), les deux Zones en étude sont caractérisées par un mélange des savanes, des savanes arbustives de divers types, des galeries forestières et des lambeaux de forêts tropophyques.

Le Bassin de Lomami est beaucoup plus forestier est sa partie Nord constitue l'amorce Sud de la forêt équatoriale.

Les formations de Mbujimayi, à lithologie carbonatée dominante, supportent les groupements à *Hyparrheniadissoluta* et *Digitariabrazzae* au Nord, à *Imperatacylindrica* au Sud (Gilson et Liben, 1960). Il s'agit des savanes sèches, herbeuses ou arbustives.

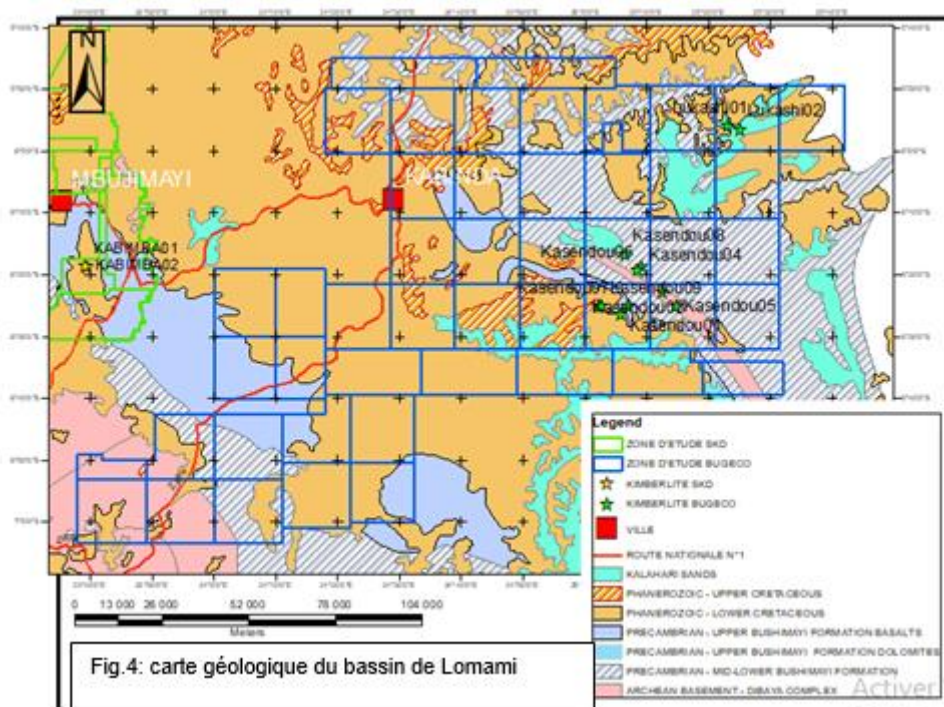


La Fig.3 ci-dessus montre une savane herbeuse couvrant plus de 90% du bassin de Bushimayi (ville de Mbuji-Mayi et environs) et une amorce de la forêt équatoriale dans le Nord du bassin de Lomami (NE Kabinda).

2.2 CADRE GÉOLOGIQUE

Les deux Zones d'étude sont localisées dans la partie Nord du noyau central du Bloc Kasai du Craton du Congo.

La carte géologique qui est actuellement acceptée pour le bassin de Bushimayi (Fig. 6) est issue des travaux de DeBeers en 2007 (Revitt, 2007). La Fig.4 donne la carte géologique du bassin de Lomami



Le Complexe de Dibaya est caractérisé par la présence des gneiss, des migmatites et des granites à biotite. Un métamorphisme de type rétrograde avec passage de migmatite à un faciès d'amphibolite a affecté le Complexe de Dibaya datant de 2.7 Ga. Cet événement était associé à l'intrusion de grands massifs de granite autour de 2.69 Ga. (Jelsma, communication orale).

En réalité, ce granite contient des ceintures et des enclaves des roches vertes ou de vieux gneiss. On observe aussi des corps intrusifs ultramafiques. Une famille de failles a affecté le granite de Dibaya, et les récentes données des études d'aéromagnétisme de DeBeers (Revitt, 2007) (Fig.6) montrent un développement de fossés d'effondrement et des grabens dans une direction ENE-WSW.

Les formations de couverture comprennent le Supergroupe de Bushimay et le Kalahari.

SUPERGROUPE DE BUSHIMAY

Le Super-Groupe de la Bushimay affleure sur deux grandes zones de plus de 500 km de long, de direction NW-SE, d'âge Néo protérozoïque, déposé dans un bassin qui s'est développé le long de la bordure NE du Craton du Kasai. En affleurement, la séquence sédimentaire est caractérisée par un pendage doux de 4° vers l'Est et elle repose sur un socle archéen des granites du Complexe de Dibaya à l'Ouest et au Sud de la ville de Mbujimayi (Cahen, 1954). Selon Cahen (1954), la séquence est caractérisée par des:

- (a) grès basal avec conglomérat et à intercalations de grès,
- (b) argilites, dolomies siliceuses et cherts, dolomies et shales dolomitiques ainsi que des grès quartzo-feldspathiques gris et roses,
- (c) dolomies grises à stromatolithes,
- (d) dolomies cherteuses, conglomérats, dolomies et argilites,
- (e) dolomies grises avec des intercalations des shales noirs
- (f) shales et dolomies grises avec intercalations des cherts et brèches
- (g) calcaires gris et roses avec stromatolithes. Les calcaires sont caractérisés par les traits de karst.

La séquence atteint une épaisseur qui va jusqu'à 1,5 km à Mbujimayi (Murray, 1958). Il s'agit, selon cet auteur, d'une formation sensiblement horizontale, d'un pendage n'excédant pas 6° vers le NE. Ce calcaire a été échantillonné en affleurement dans les villages voisins, Nkuadi et Lukelenge etc...

Une étude de caractérisation géochimique effectuée par Mutombo et al. (2014) et Musambayi et al. (2022), confirme que ce niveau des carbonates est riche en CaO (46%) et pauvre en MgO (3%), signature d'une roche calcaire.

Ces sédiments peuvent être interprétés comme une séquence du plateau continental régressif. Les grès de base reflètent des systèmes de paléo-rivière qui ont coupé une surface de la pénéplaine; l'alternance de grès et de dolomie exprime une transgression intertidale à subtidale, alors que les dolomies et calcaires du niveau supérieur expriment une lagune limitée. L'extrusion de basaltes et l'intrusion de dykes de dolérite signifient un magmatisme concomitant avec l'ouverture du système de faille (Fiermans, 1975).

Selon ce dernier auteur, la stratigraphie de la séquence est parfois mal connue. Les cartes disponibles renseignent la présence de sédiments de la Série de Loia et de la Série de Bokungu.

La Formation de la Loia dans la région Mbujimayi-Kabinda ressemble aux niveaux inférieurs du Groupe de Kwango et comprend (Kabuya, 2004):

- (a) un conglomérat de base avec arkoses intercalées et roches argileuses rouges,
- (b) arkoses et grès calcaireux ou argileux, rouges ou mauves, avec intercalations de roches argileuses,
- (c) roches argileuses et argilites schisteuses avec les intercalations de roche fine, et alternance de roches argileuses et grès,
- (d) arkoses ou grès argileux et roches argileuses intercalées.

Le lever de surface montre que les sédiments de la Série de Bokungu ressemblent aux parties supérieures du Groupe de Kwango et comprennent une mince couche de conglomérat de base et à peine rose, rouge sombre, à dépôts de roche argileuse allant de couleur mauve au violet. En République Démocratique du Congo, la Série de Kwango est la principale source secondaire de diamants, dans les régions à proximité ou peu distantes par rapport aux sources kimberlitiques.

Les couches de base contiennent beaucoup de fragments anguleux de calcédoine et d'agate.

KALAHARI

Le Kalahari est d'âge éocène à pliocène inférieur. Il a été subdivisé en deux formations, à savoir (Cahen et al., 1954):

- Une formation inférieure (Grès Polymorphes, Kalahari B) et,
- Une formation supérieure (Sables de Kalahari, Sables Ocre ou Kalahari C).

Le Grès Polymorphe serait des dépôts tardifs du Crétacé-Paléogène. Les sables Ogres reflètent un retour aux conditions fluviales.

Toujours selon Cahen et al (1954), les Sables Ogres sont des sables très fins de couleur gris pâle en surface mais jaune ou rouge en profondeur. Le dernier dépôt date du Pliocène et est caractérisé par le gravier de plateau, les latérites et les blocs de grès polymorphes remaniés. Ce sont des dépôts de sables éoliens qui ont plusieurs mètres d'épaisseur, résultant de la redistribution des sables de Kalahari.

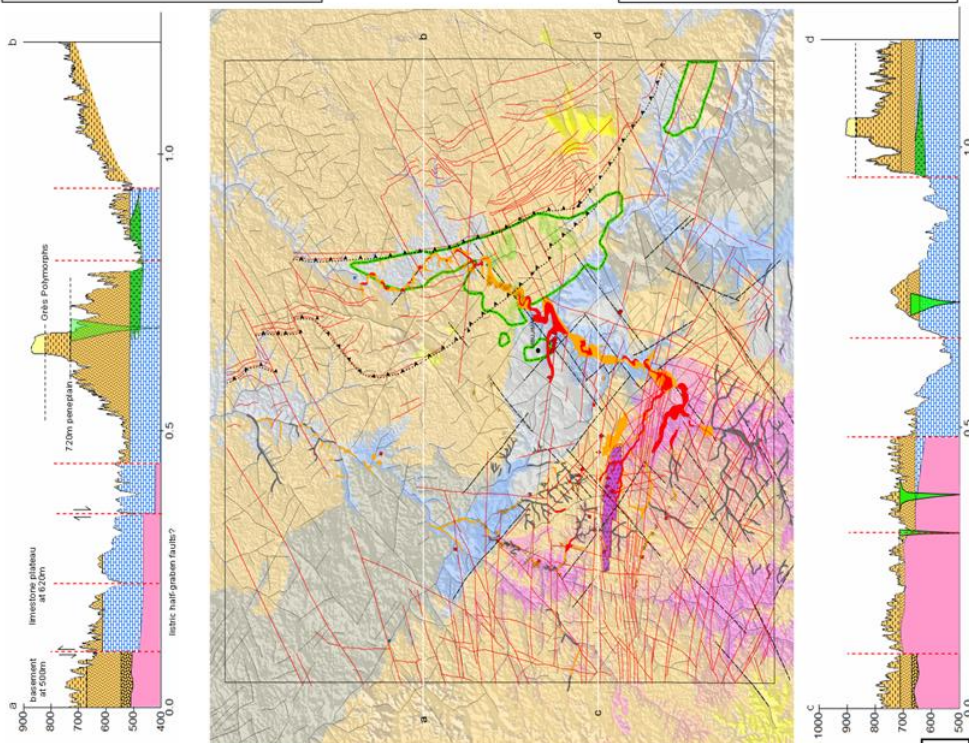
INTRUSIONS KIMBERLITIQUES DE BAKUANGA

Les intrusions kimberlitiques de Bakuanga se sont mélangées aux sédiments de formation de la Série de Loia d'âge Crétacé. Les cristaux de diamants se concentrent dans les parties supérieures des sédiments; la nature meuble de grès de niveau supérieur et l'évasement large de la pipe atteignant le grès de niveau supérieur, peut être comparé à un remplissage étroit dans les grès de niveau inférieur, et pourrait expliquer l'argument qui justifierait que les kimberlites ont été mises en place pendant les phases décroissantes de sédimentation (Murray, 1958). Ce fait suggère, selon ce même auteur, que ces sédiments forment une partie du Groupe du Kwango.

Les kimberlites de Bakuanga (Mbujimayi) sont datées de 70 Ma, âge basé sur les méthodes Ar-Ar kelyphite et U-Pb de méga cristaux de zircon et de baddeleyite. Cet âge coïncide avec la mise en place de kimberlites dans les parties supérieures de la Série de Kwango, avant la fin de la formation de la pénéplaine du Crétacé (Davis, 1977; De Wit et Jelsema, 2014).

Les kimberlites de Bakuanga sont toutes de diatrèmes ou pipes en formes d'ellipsoïde ou circulaire avec des dimensions variables en 3D. Les pipes sont des dépôts postérieurs aux grès de la Série de Kwango du Crétacé. Là où ils sont exposés, les pipes sont associées à des teneurs élevées en diamant, qui se trouvent dans les éluvions des flancs de collines ainsi que dans les dépôts alluvionnaires.

La géologie du bassin de Bakuanga telle que décrite ci-haut est résumée dans le modèle géologique de la Fig.5.



3 MÉTHODOLOGIE

Ces recherches ont été effectuées dans les permis miniers détenus jusqu'en l'an 2012 par les Sociétés Miba pour le bassin de Bushimay et Bugeco pour le bassin de Lomami.

Ces études ont été effectuées dans le cadre des partenariats entre les sociétés Debeers-Miba (S.K.D.) et Debeers-bugeco. Nous avons eu l'avantage de participer à la collecte et au traitement de ces données en tant que géologues.

Ces travaux se sont soldés par des résultats au départ confidentiels, avant que nous ne soyons autorisés à les publier en fin de projet; cela, conformément au code et au règlement miniers qui veulent qu'à l'abandon des permis, tous les résultats soient communiqués à l'Etat Congolais et mis à la disposition de tous les opérateurs miniers et chercheurs pour des éventuelles nouvelles sollicitations des droits exclusifs en perspectives de leurs mise en valeur.

Après consultation de la documentation existante, nous avons procédé à la description des carottes de forage, puis à la corrélation lithostratigraphique.

Nos échantillons ont été traités dans des laboratoires modernes de la société Debeers tant en Afrique du Sud (R.S.A.), à Kananga (RDC) qu'à Kabimba. Ce fait confère une grande fiabilité à nos résultats.

Nous avons utilisé les motos, véhicules et avions pour le déplacement des hommes et du matériel de recherche.

Nous avons aussi recouru aux instruments communs de géologie comme les sondeuses, GPS, boussoles, loupes, ordinateurs...

L'échantillonnage tant des sols que des roches a permis d'utiliser les bêches, pelles, barres à mines, marteaux, sachets, caisses des carottes...

COLLECTE DES DONNÉES DE TERRAIN

FORAGE

BASSIN DE BUSHIMAY

Les travaux de forage dans les permis étudiés ont débuté en 2005; de cette date à nos jours, 121 forages de petits diamètres (carottant) et de gros diamètre (percussion et estimation) ont été réalisés pour un métrage total de 10827m.

Les travaux de forage ont permis de préciser la lithostratigraphie et de facto la corrélation géologique.

Les trous forés ont eu une profondeur de 10-283 m.

BASSIN DE LOMAMI

Il a été exécuté 86 forages sur 50 anomalies et 10 pipes kimberlites ont été découvertes.

Les forages ont permis l'élaboration des logs de forage détaillés qui ont guidé la corrélation géologique.

7047m ont été forés pour un total de 86 forages.

TRAITEMENT DES ÉCHANTILLONS GÉOLOGIQUES

Tant pour le bassin de Bushimay que celui de Lomami, les échantillons prélevés ont été traités au Centre de traitement des échantillons et laboratoire de Kananga. Toutes les fractions prélevées 0.425-0.710mm, 0.710-2.0mm ont été passées au cyclonage pour la séparation des minéraux lourds d'avec les minéraux légers avec une densité de coupure de 2.85g/cm³ d'un mélange de l'eau et du Ferro-Silicium.

Un contrôle régulier du bon fonctionnement des installations de traitement se faisait chaque jour à la l'aide des traceurs de 2mm avec différentes densités égales aux densités des minéraux lourds.

Par la suite, les échantillons ont été envoyés en RSA.

4 RESULTATS ET INTERPRETATIONS

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS DE FORAGE

Nous avons sélectionnés 4 forages les plus représentatifs en faciès lithologiques dans le bassin de Mbujimayi et 2 forages dans le bassin de Lomami. Les logs de ces forages utilisés dans la corrélation sont repris ici-bas et portent respectivement les numéros Fig.5 a, b,c et d pour le bassin de Bushimay et Fig.6a et b pour le bassin de Lomami.

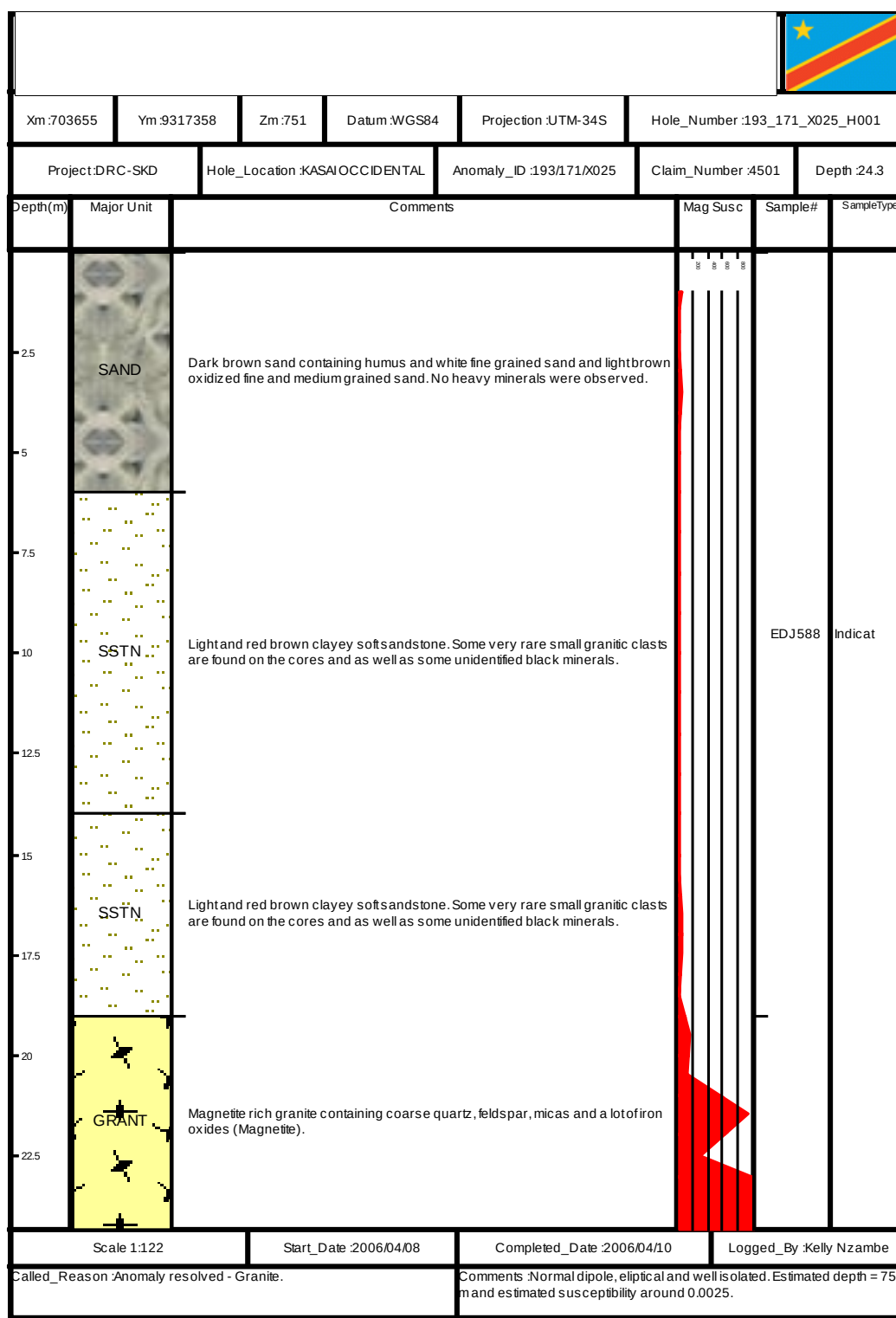


Figure 5 a: log stratigraphique du bassin de Bushimay constitué de sable, grès et granites

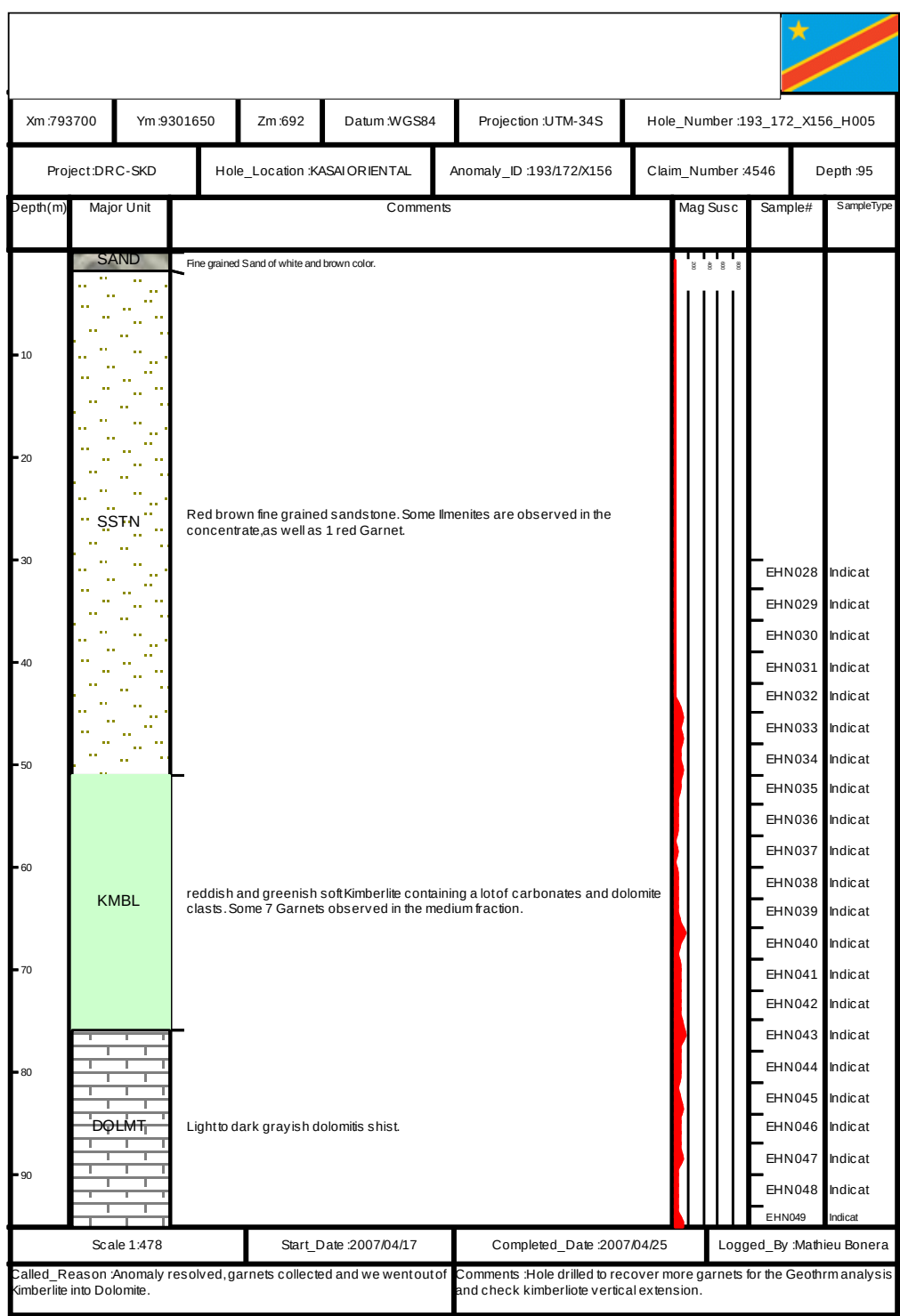


Figure 5 b: log stratigraphique du bassin de Bushimay constitué de sables, grès, kimberlites et dolomies

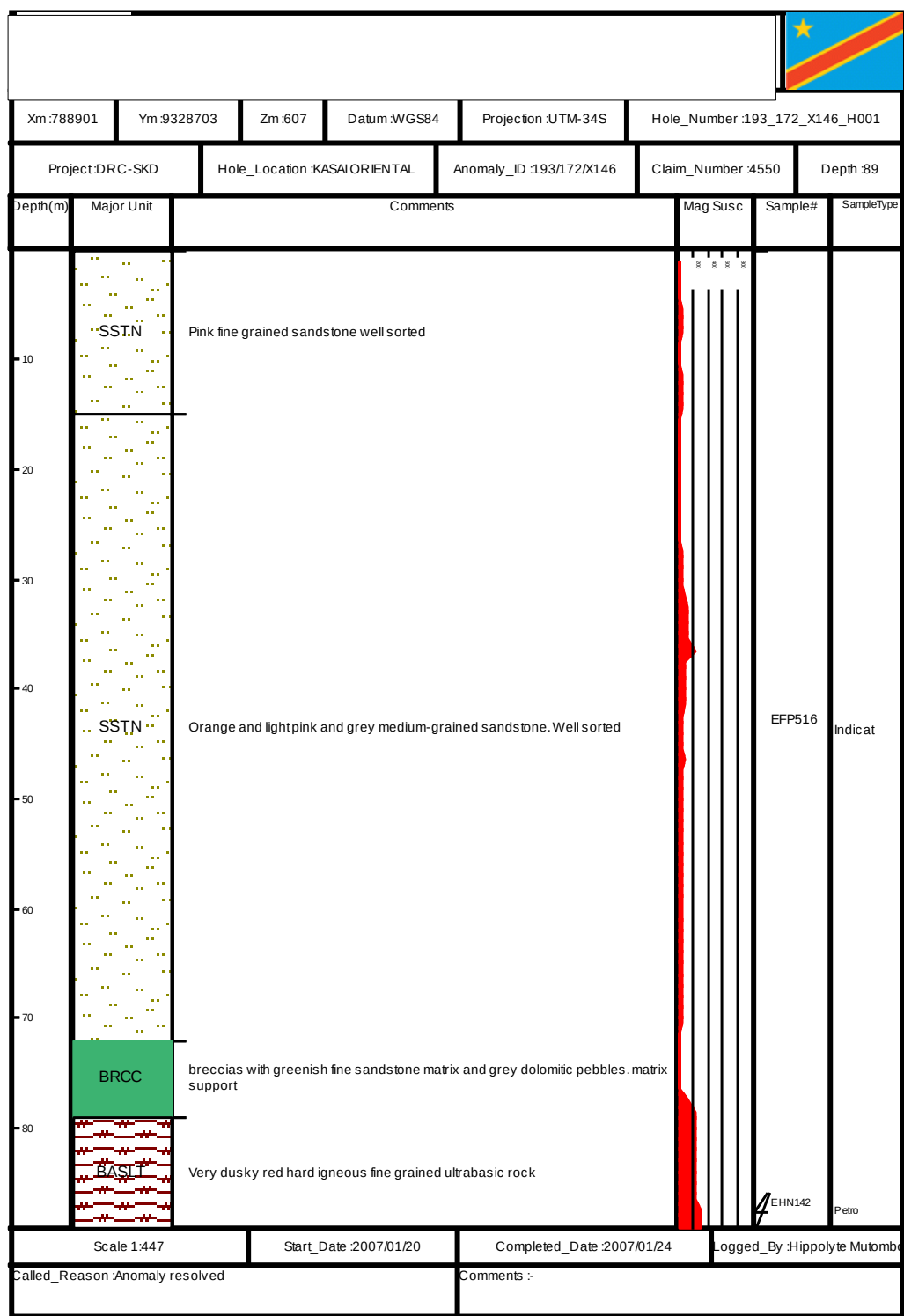


Figure 5 c: log stratigraphique du bassin de Bushimay

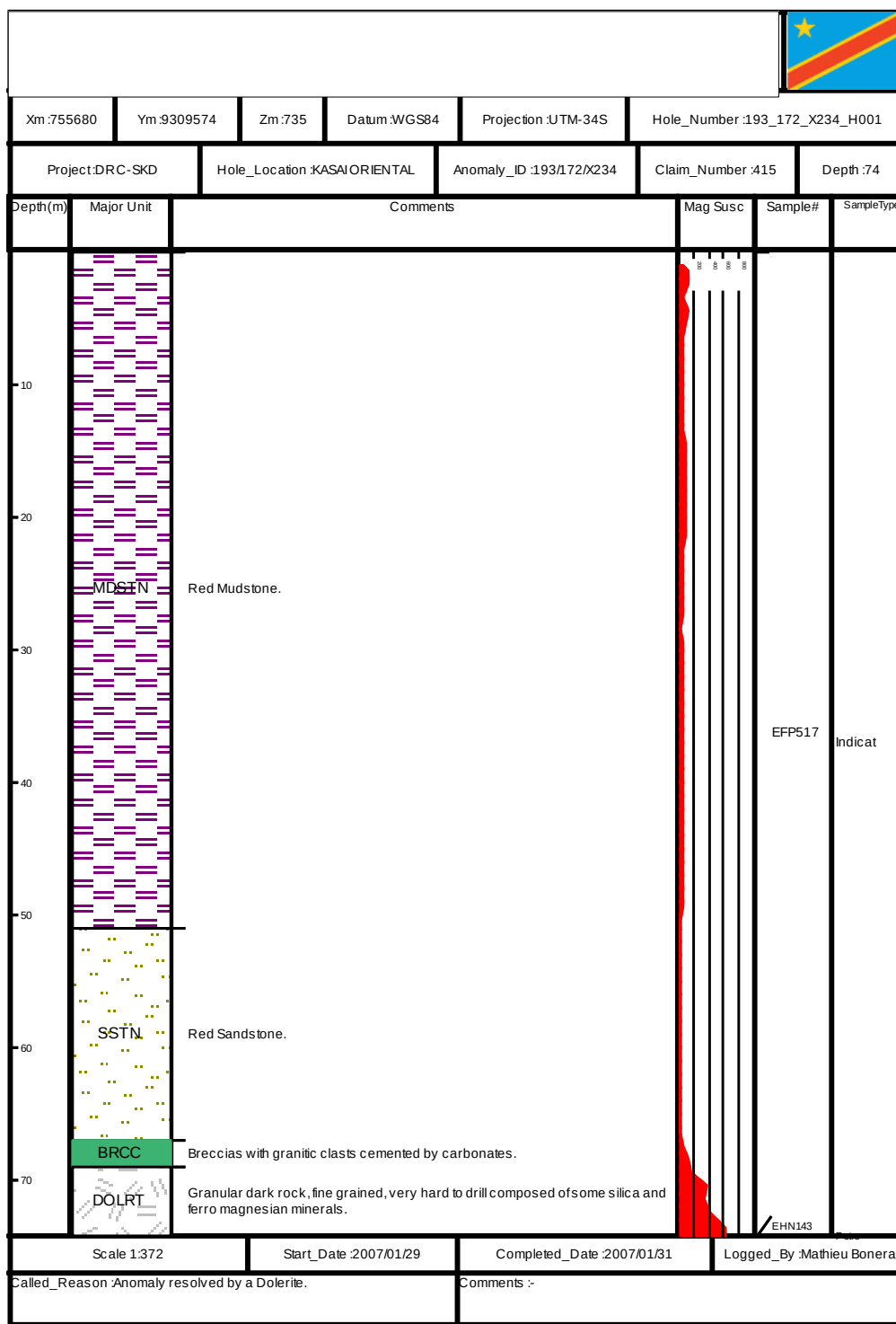


Figure 5 d: log stratigraphique du bassin de Bushimay constitué d'argilites, grès,

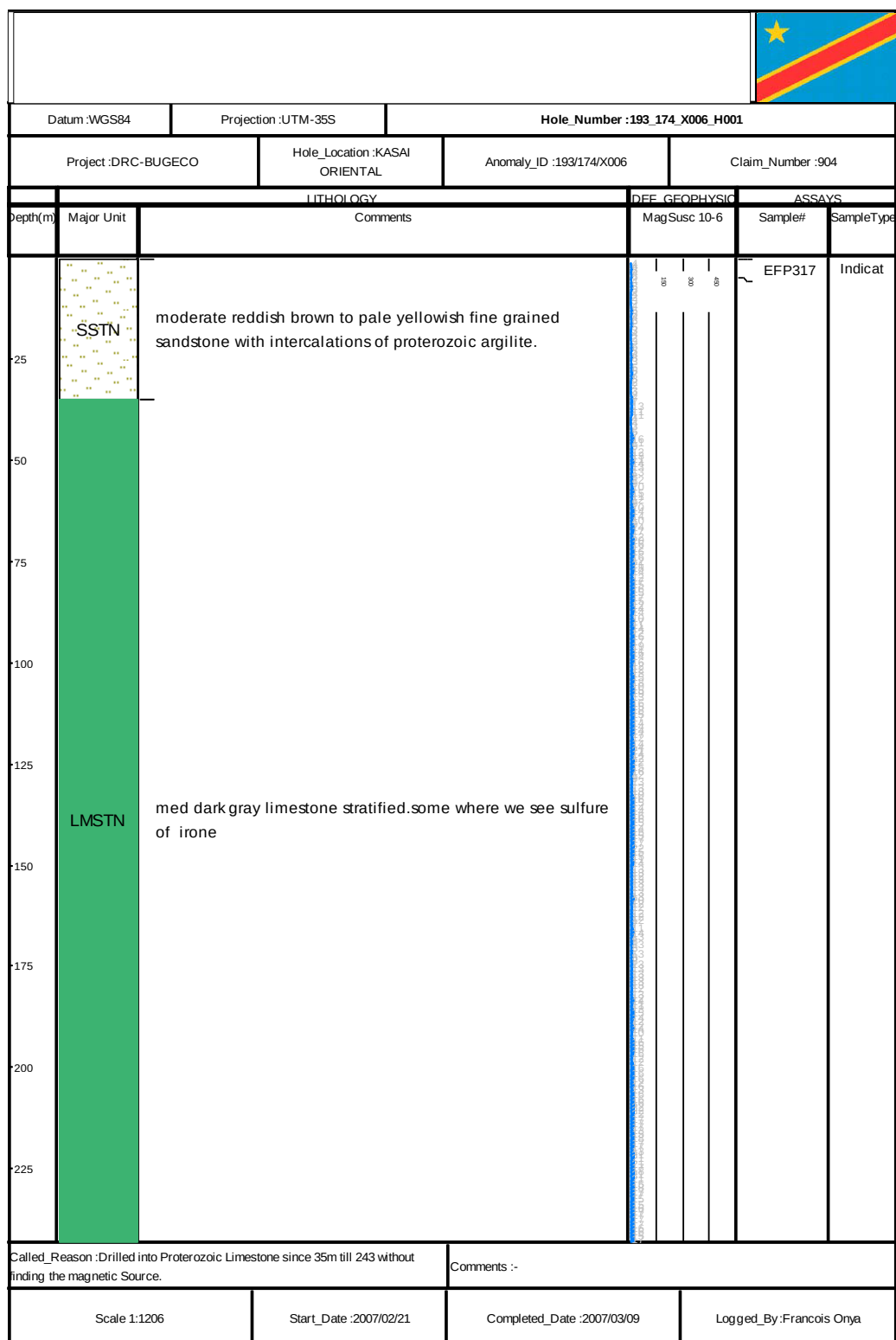


Figure 6 a: log stratigraphique du bassin de Lomami

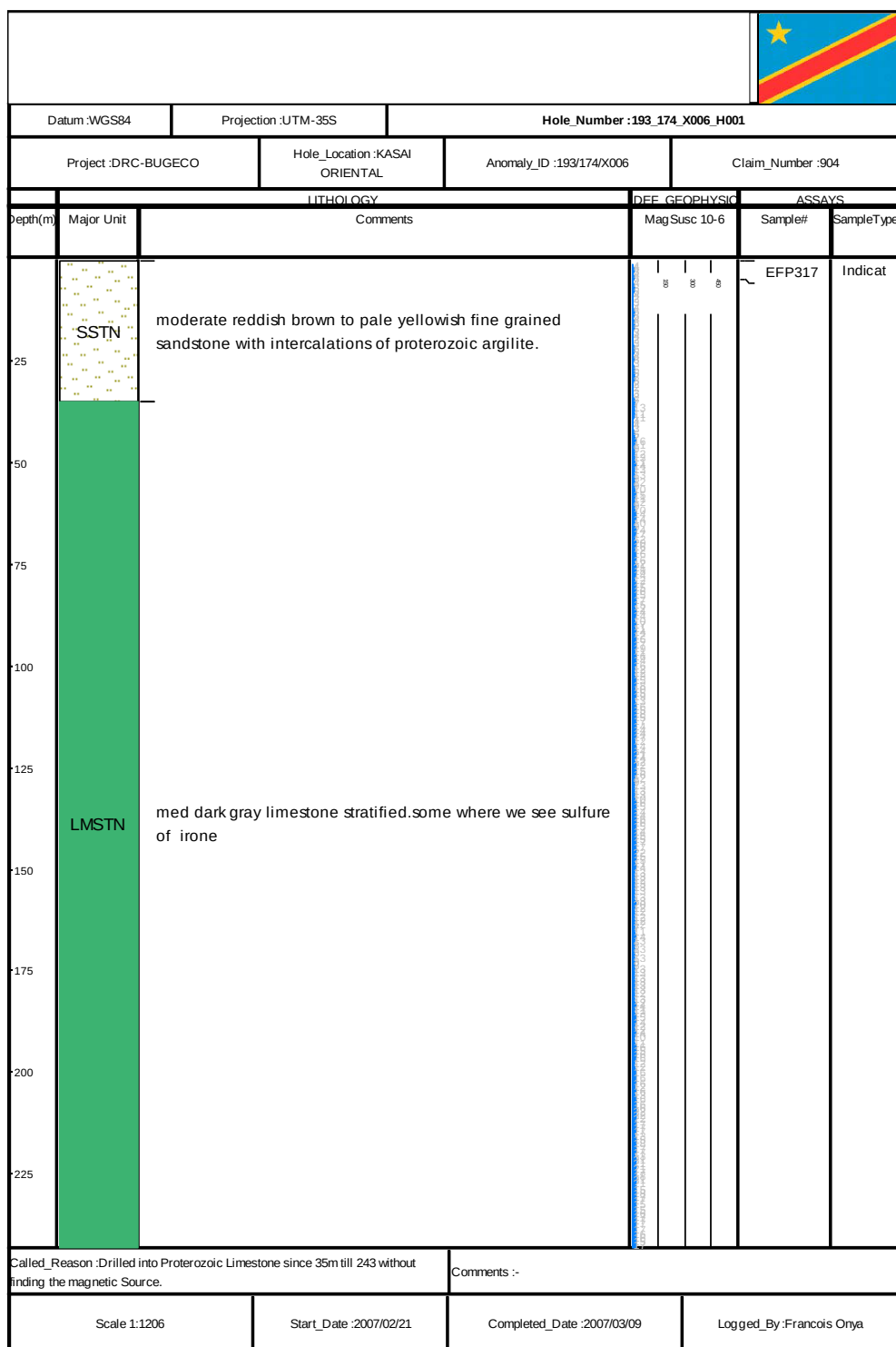


Figure 6 b: log stratigraphique du bassin de Lomami

L'ensemble de ces Logs stratigraphiques appellent le commentaire ci-dessous:

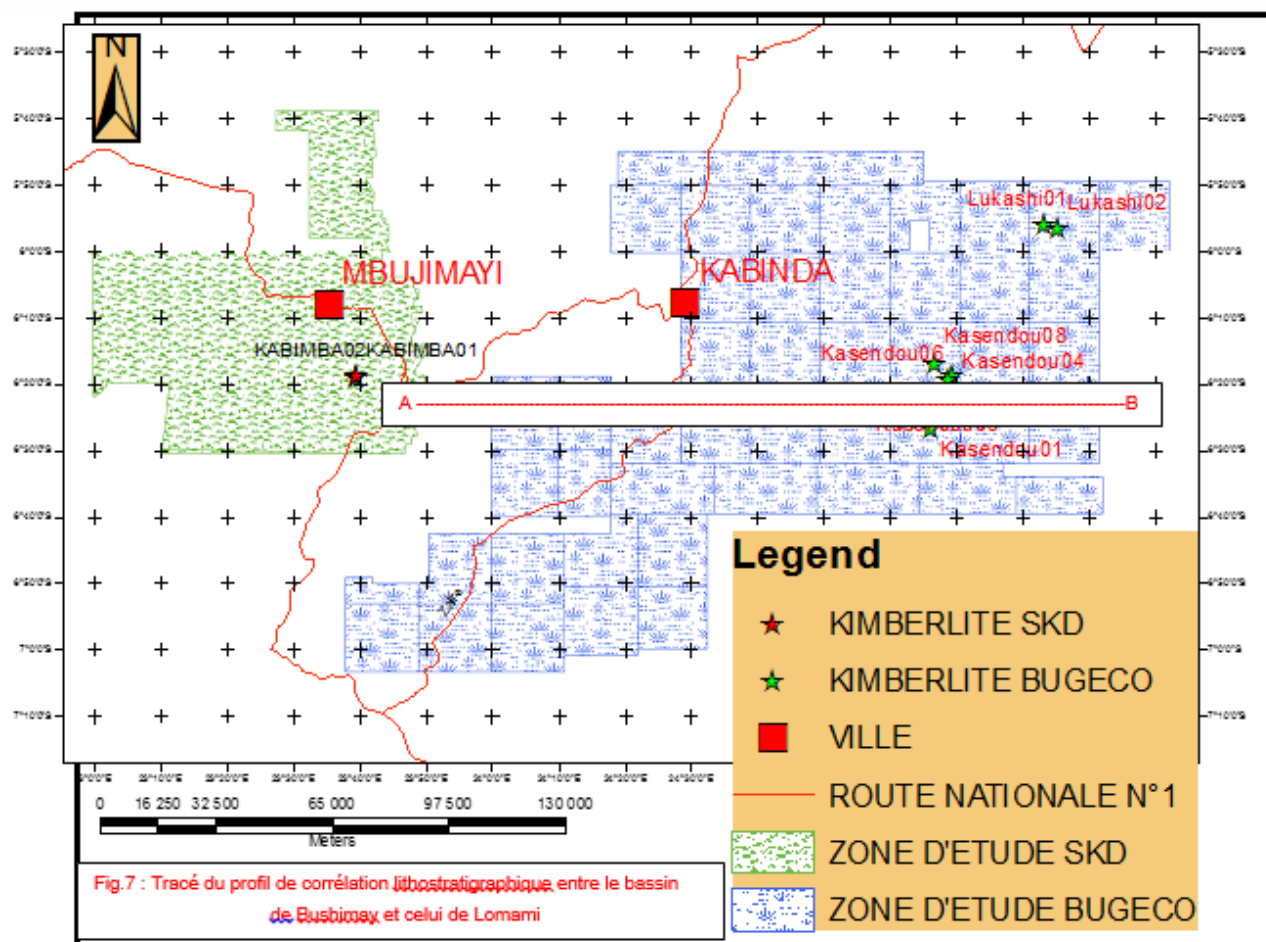
Une succession lithostratigraphique de haut en bas de la série, avec des épaisseurs variables, de:

- sable ocre argileux du Kalahari
- sommet de formations de la couverture constitué du grès à granulométrie variable et minces couches intercalaires d'argilites.
- brèche essentiellement à matrice gréseuse, galets calcaires et/ou granitiques.
- Intrusion d'une brèche kimberlitique dont l'âge serait le même que celui des brèches de Bakuanga, soit près de 70 M.a. (DeBeers, 2007).

- (e) calcaire et dolomie protérozoïques quasi-contemporains dans la sédimentation avec les pulsations magmatiques doléritiques et basaltiques.
- (f) un socle archéen constitué de roches ultrabasiques, en l'occurrence la serpentinite et la pyroxénite au contact des granitoïdes. Le passage des ultrabasites vers les granitoïdes est caractérisé par une zone à veinules quartzifères.

Cette succession lithostratigraphique est similaire tant dans le bassin de Bushimay que dans celui de Lomami au seul distinguo que le socle (f) n'a pas été recoupé par les forages ou identifié en affleurements dans le bassin de Lomami. Ce fait est vraisemblablement justifiable par des épaisseurs des roches de couverture de plus en plus grandes de l'W à l'E.

Ce socle affleure à l'W du bassin de Bushimay est plonge vers l'E à partir de Boya. Tout apparait que de Boya vers l'E l'on chemine vers l'intérieur d'un bassin de sédimentation devenant de plus en plus profond et favorisant de ce fait de dépôts de sédiments de plus en plus épais tel qu'il en ressort de la corrélation des Figures 7 et 8.



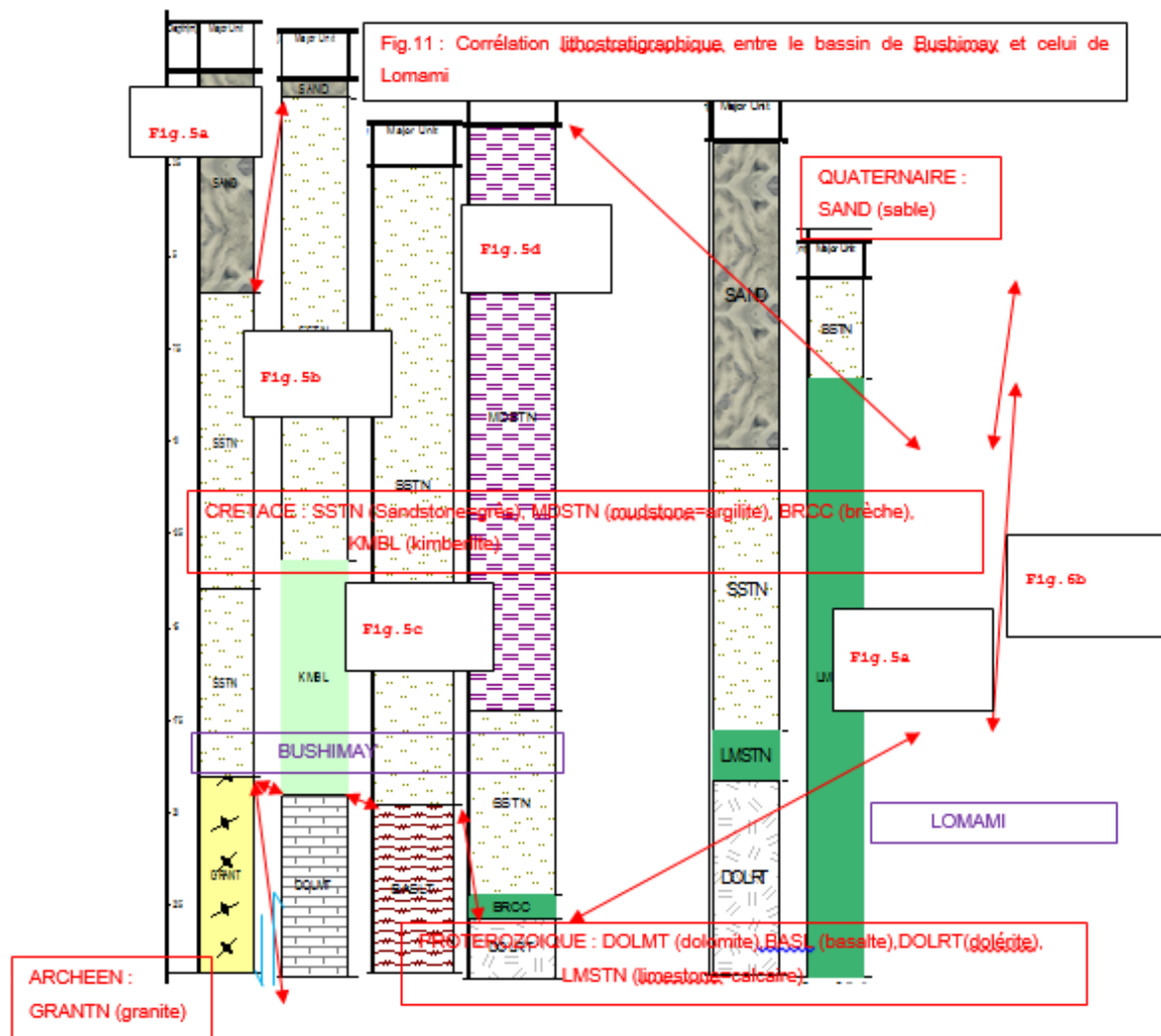


Figure 8. La corrélation établie entre le bassin de Bushimay et celui de Lomami

MODÈLE GÉOLOGIQUE

D'un point de vue modèle géologique, la compilation des données d'échantillonnage, géochimiques, géophysiques et celles de forage ont permis d'élaborer un modèle géologique de mise en place des occurrences kimberlitiques du bassin de Bushimay.

Dans le bassin de Lomami, une compilation similaire à celle du bassin de Bushimay, permet d'arriver à un modèle géologique proche à celui du bassin de Bushimay, tel que présenté sur la Fig.9.

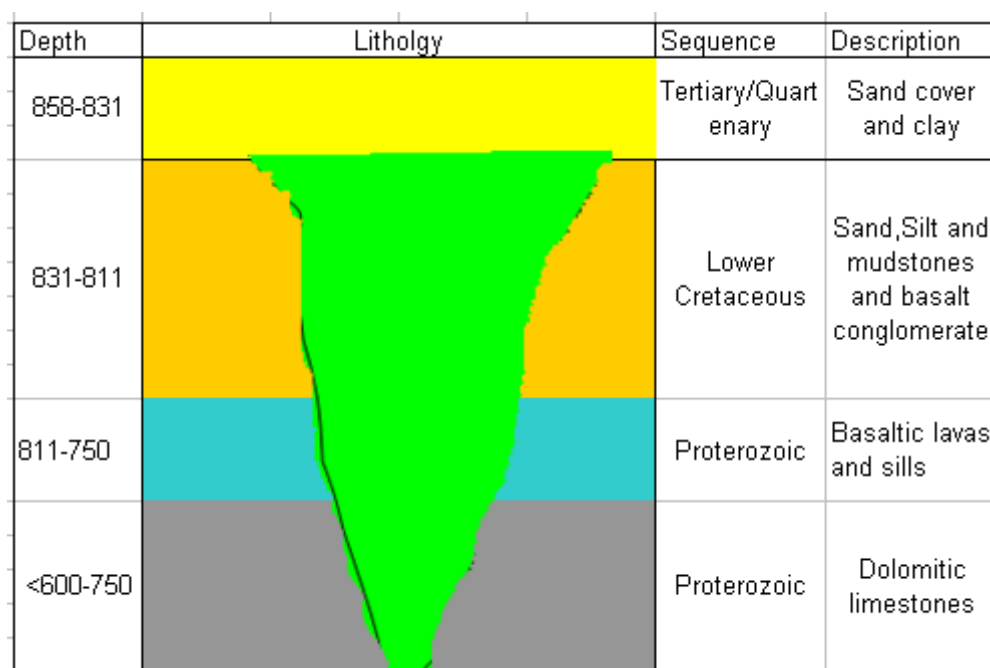


Figure 9. Modèle géologique du bassin de Lomami

5 DISCUSSION ET CONCLUSION GENERALE

Dans le bassin de Bushimay, au total 10827 m ont été forés pour un nombre de 121 trous.

Les forages du centre des anomalies ont intercepté la kimberlite dans les axes de leurs racines, de 10 à 173 m, le carottage s'étant arrêté en pleine Kimberlite massive, au sens de Field et Scott-Smith (2003).

Dans le bassin de Lomami, au total de 7775 m ont été forés pour un nombre de 86 forages et 10 occurrences kimberlitiques découvertes. Les 10 occurrences ont été nommées aux noms de villages dans lesquels elles sont localisées, en l'occurrence Kasendou de 1,2,3,4,5,6,7 & 9 et Lukashi de 1 à 2.

Dans ce bassin de Lomami plus de 5 amas kimberlitiques sont alignés SE-NW dans l'axe de la rivière Lomami suggérant manifestement que ce tronçon correspond à une faille qui aurait facilité l'ascension et la mise en place du magma.

Les occurrences kimberlitiques des bassins de Bushimay et Lomami sont de faciès superficiels du cratère de la brèche kimberlitique sont classés dans la Kimberlite Volcanique Ré-sédimentée chargée des nombreux matériaux xénolithiques crustaux. Vers le bas, ce faciès xénolithique passe à la kimberlite lithique, puis à une kimberlite dure, moins diluée d'aspect massif. Les lames minces analysées pour la description pétrographique renseignent les kimberlites du groupe 1 (Fig.10), contenant d'abondants (~50%) larges (<25mm de taille) xénolites des roches de l'encaissant en claires plages de matrice gris-vertes.

Fig.10: classification des kimberlites en groupes 1 et 2 (M. Skinner, 2007)

	GROUP I	GROUP II
Isotopes	Source rocks depleted relative to Bulk Earth 87Sr/86Sr 0.7035-0.7048 143Nd/144Nd 0.51271-0.51287 206Pb/204Pb = 18.95-20.05 RSA ~70-1950 Ma.	Source rocks enriched relative to Bulk Earth 87Sr/86Sr 0.7078-0.712 143Nd/144Nd 0.51208-0.51228 206Pb/204Pb = 17.2-17.7 RSA ~110-200 Ma.
Age		
Indicator		
Minerals	Garnet, ilmenite, chromite, zircon & rutile	Garnet & chromite –restricted chemistry
Megacrysts	Common	Rare
Olivine	Large chemical range Macros:Phenos 50:50 Rutile inclns in phenos	Restricted chemistry Macros:Phenos variable from 50:50 to 50:10
Petrography	Predominantly monticellite kimberlites. Groundmass opaques & perovskite relatively abundant – RE count low	Predominantly phlogopite kimberlites Coarse diopside sometimes abundant Groundmass opaques & perovskite relatively rare
Geochemistry	Higher TiO2, CO2 & Nb	Higher SiO2, K2O, Rb, Ba and LREE
Diamond	Diamondiferous to Barren on-craton kimberlite 1/10	Diamondiferous to Barren on-craton kimberlites 1/1

L'ensemble des forages réalisés dans le secteur d'étude aboutit à la succession lithostratigraphique ci-dessous, de haut en bas:

- sable ocre argileux du Kalahari
- sommet de formations de la couverture constitué du grès à granulométrie variable et minces couches intercalaires des argilites.
- brèche essentiellement à matrice gréseuse, galets calcaires et/ou granitiques.
- Intrusion d'une brèche kimberlitique d'âge de près de 71 m.a. classée dans le groupe 1.
- calcaire et dolomie protérozoïques quasi-contemporains dans la sédimentation avec les pulsations magmatiques doléritiques et basaltiques.
- un socle archéen constitué de roches ultrabasiques, en l'occurrence la serpentinite et la pyroxénite au contact des granitoïdes. Le passage des ultrabasites vers les granitoïdes est caractérisé par une zone à veinules quartzifères.

Cette succession confirme celle établie antérieurement par CAHEN L. (1954).

Le socle archéen n'a pas été intercepté par les forages du bassin de Lomami.

REFERENCES

- [1] Cahen L., 1954: Géologie du Congo belge. *Ed. H. Vaillant-Carmanne. Liège*, vol. 1, pp577.
- [2] Davis G.L. (1977) the ages and uranium content of zircons from kimberlites and associated rocks. *Year Book-Carnegie Inst Washington* 76: 631–635.
- [3] DeBeers, 2007: Résumé des travaux en atelier sur le modèle géologique du bassin de Bakuanga. *DeBeers RSA*, pp.156
- [4] Duvigneaud P. et Leonard J., 1953: Cartes schématiques des principaux aspects de la végétation du Congo Belge- *Naturalistes Belges*, 34, p3-4.
- [5] Fiermans C., 1975: Géologie des gisements de diamant de Mbujimayi, *Louvain, Mém.Inst. Géol.Univ.*, pp.99.
- [6] Focan A. et Mullenders W., 1955: Note explicative de la carte des sols et de la végétation. Carte du Congo Belge et du Rwanda-Urundi. L. *Kaniame-publ., INEAC, Bruxelles*, pp53.
- [7] Gilson P. et Liben L., 1960: Notice explicative de la carte des sols et de la végétation dans la région du Kasai, pp43.
- [8] Jelsma H. A. et De Wit M.C.J., 2014: A Review of the Kimberlites of the Democratic Republic of Congo. *Springer, Berlin, Heidelberg*, pp 97.
- [9] Kabuya B.N., 2004, Miba-Création et gisements. *Div.Géol. Serv. Cartographie*, pp60.
- [10] Kambi, D, 2001: Phénomène de ravinement dans la ville de Mbujimayi (République Démocratique du Congo), Dpt Géogr. *Ann. ISP MBM*, p10-17.
- [11] Murray W. and Jedwab J., 1958, Looking for kimberlitic diamond deposits by geochemical prospection. (Min. Wealth of Madh. Pradesh., I, pp. 68-71.).

- [12] Musambayi C., Mayiba T., Tshibanda A., Mutombo Mb.H., Kabemba M., et Citenga K.G., 2022: Caractérisation géochimique des formations carbonate de l'Est de la ville de Mbujimayi (Secteur de Lukelenge): Utilité dans les travaux de génie civil. *International Journal of Innovation and applied Studies*. ISSN 2023-9324 Vol.37 N°3, pp818-829.
- [13] Mutombo Mb.H., Mayiba M.T., Mulunda B.T. et Kapy M.G., 2014: Caractérisation géochimique de formations carbonatées dans le Secteur de Nkuadi au Kasai Oriental/RDC, *Pistes Afric.*, Vol.4, N°2, pp.51-61.
- [14] Polinard E, 1935: Constitution géologique de l'entre-Lulua-Bushimay du 7^{ème} au 8^{ème} parallèle. *Mém. Inst. Roy. Belge, Sc.Nat. et Méd.* 8°, 2, pp61.
- [15] Polinard E., 1925: Constitution géologique du bassin de la Bushimay entre la Muya et la Movo, Ed. Hachette, Congo, pp.89.
- [16] Revitt A., 2007: Communication orale aux travaux de revue des recherches géologiques de la *DeBeers en RDC*, p90-102.
- [17] Robert M., 1946: Le Congo physique, 3^e Ed., H. *Vaillant-Carmanne*, Liège, pp449.
- [18] Scott S.B.H., Field M., 2003: Textural and genetic classification schemes for kimberlites: *a new perspective*. 8th *International Kimberlite Conference*. p 1-5.
- [19] Skinner M., 2007. Classification into group I and group II kimberlites. *Rhodes Univ.presentation*, pp6.

Impacts socio-économiques des activités de renforcement de la résilience communautaire réalisées dans le cadre de la restauration des sites sylvopastoraux dans le département de Ouallam, ouest du Niger

[Socio-economic impacts of community resilience-building activities based on the restoration of sylvopastoral sites in the Ouallam department, western Niger]

Moussa Abdou Ousseini¹, Oumarou Issoufou Nana Aichatou², and Dan Guimbo Iro³

¹Département de Recherches en Economie Rurale, Institut National de la Recherche Agronomique du Niger, B.P. 429 Niamey, Niger

²Département Chimie, Faculté des Sciences et Techniques, Université Abdou Moumouni, B.P. 10 662 Niamey, Niger

³Département de Génie Rural et Eaux and Forêts, Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni de Niamey, B.P. 10960 Niamey, Niger

Copyright © 2025 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: For decades, development initiatives aimed at strengthening the resilience of rural populations in Niger have focused on restoring degraded land. The aim of this study, carried out in the Ouallam department in western Niger, is to determine the impact of sylvopastoral site management in improving the living conditions of the beneficiary populations. The methodology involved interviews with a sample of 384 beneficiaries in the rural communes of Simiri and Tondikiwindi. The assessment of the socio-economic impacts of sylvopastoral site development activities analyzed the elements of security of household living conditions, namely food, health, education, water, income and social cohesion within the population. The results show that food security and nutritional status have been improved by the food distribution operations. Access to water, technical capacity, income and social cohesion have also been improved. Rural exodus has also been reduced. The restoration of sylvopastoral sites and capacity-building activities have helped to improve living conditions and community resilience.

KEYWORDS: Recovery, living conditions, households, Simiri, Tondikiwindi.

RESUME: Depuis des décennies, des actions de développement en vue de renforcer la résilience de populations rurales, sont réalisées au Niger autour de la restauration des terres dégradées. La présente étude conduite dans le département de Ouallam à l'ouest du Niger, a pour objectif de déterminer les impacts de l'aménagement des sites sylvopastoraux dans l'amélioration des conditions de vie des populations bénéficiaires. La méthodologie a porté sur la conduite d'entretiens menés auprès d'un échantillon de 384 bénéficiaires répartis dans les communes rurales de Simiri et de Tondikiwindi. L'évaluation des impacts socio-économiques des activités de l'aménagement des sites sylvopastoraux a analysé les éléments de la sécurité des conditions de vie des ménages que sont l'alimentation, la santé, l'éducation, l'eau, les revenus et la cohésion sociale au sein de la population. Il ressort des résultats que la sécurité alimentaire et l'état nutritionnel ont été améliorés par les opérations de distributions de vivres. Ont été aussi améliorés, l'accessibilité à l'eau, la capacité technique, les revenus et la cohésion sociale des populations bénéficiaires. Par ailleurs, l'exode rural a été réduit. Les activités de restauration des sites sylvopastoraux et de renforcement de capacité, ont contribué à améliorer les conditions de vie des populations et la résilience communautaire.

MOTS-CLEFS: Récupération, conditions de vie, ménages, Simiri, Tondikiwindi.

1 INTRODUCTION

Depuis des décennies, le Niger avait connu plusieurs chocs climatiques parmi lesquels, les sécheresses qui ont fortement affecté les populations [1], [2]. La récurrence des chocs a occasionné la perte continue des productions, la forte dégradation des terres et l'accentuation de la vulnérabilité des personnes. Parmi les impacts de ces chocs, on retient la réduction de la catégorie des nantis des populations et les moyens d'existence au fil des années, ayant entraîné l'élargissement de la classe des pauvres [3].

En effet, pour inverser la tendance et soutenir les populations vulnérables, les institutions des nations unies comme l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO), le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) et le Programme Alimentaire Mondial (PAM) en collaboration avec l'Etat du Niger, ont élaboré des stratégies, des cadres conceptuels et des documents de planification sur la résilience [4]. Ainsi, un accent a été mis sur les techniques de gestion durable des terres (GDT) en particulier sur les techniques de récupération des terres dégradées vu que ces dernières sont des stratégies d'adaptation à la variabilité et aux changements climatiques [5]. C'est dans ce cadre que le PAM en collaboration avec l'Etat du Niger et des Organisations Non Gouvernementales (ONG), a mis en œuvre une série d'activités autour de la valorisation des terres et des écosystèmes dégradés à travers le pays. Dans cette dynamique, le département de Ouallam (ouest du Niger) a bénéficié d'un ensemble d'opérations autour de l'aménagement des plateaux dégradés.

Cependant, tout projet de restauration a des objectifs pouvant être définis à l'échelle de la population bénéficiaire, de l'écologie et des services écosystémiques [6]. L'intervention dans sa globalité a été entreprise en vue d'améliorer l'existence des populations par des appuis et à travers les services écosystémiques qui seront fournis par les sites aménagés, car ces derniers participent à l'amélioration des conditions de vie des populations en milieu rural [7], [8]. Des populations ont été ainsi assistées sur plusieurs volets parmi lesquels ceux nutritionnel et éducationnel.

Au-delà des impacts biologiques et édaphiques [9], [10], quels sont les impacts socio-économiques des réalisations ? C'est pour trouver des éléments de réponse à cette interrogation que le présent travail a été entrepris. L'objectif est de déterminer les impacts de l'aménagement des sites sylvopastoraux dans l'amélioration des conditions de vie des populations bénéficiaires.

2 MÉTHODOLOGIE

2.1 ZONE D'ÉTUDE

La collecte des données a été menée dans trois (3) secteurs répartis dans deux (2) communes du département de Ouallam. Il s'agit du secteur de Satara, dans la commune rurale de Simiri et des secteurs de Darey et Tondibiya, dans la commune rurale de Tondikiwindi (Figure 1). Le choix a été porté sur ces secteurs car ils ont bénéficié d'actions de restauration des terres dans le cadre du renforcement de la résilience communautaire des populations, et cela depuis une dizaine d'années.

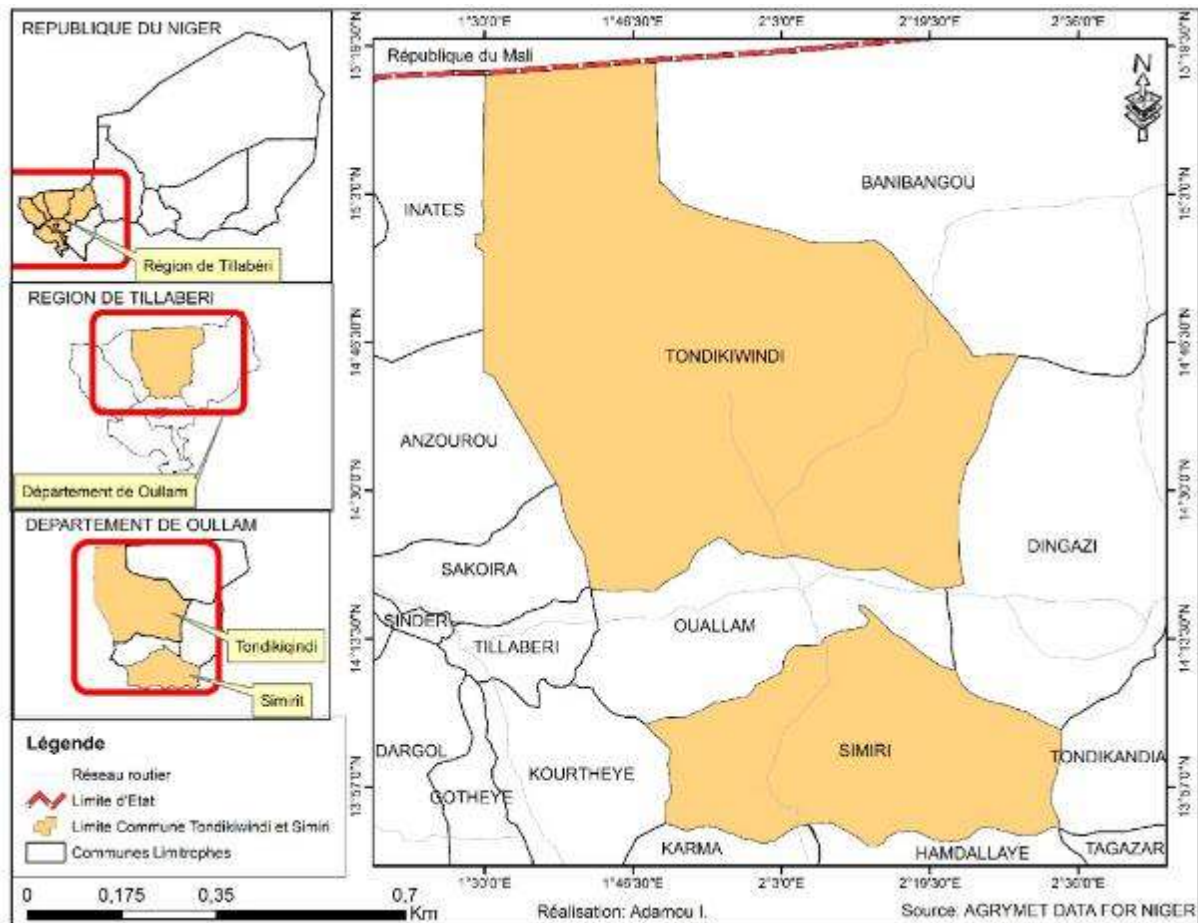


Fig. 1. Localisation des communes de Simiri et de Tondikiwindi

2.2 ECHANTILLONNAGE ET PARAMÈTRES ÉTUDIÉS

La taille de l'échantillon retenue qui est de 384 individus, a été obtenue en s'inspirant du tableau de [11]. Les personnes à enquêter ont été retenues par application de la méthode du « Pas de sondage » sur des listes des bénéficiaires.

Les impacts socio-économiques des activités de restauration des sites sylvopastoraux ont été évalués à travers leurs effets sur l'amélioration des conditions de vie des ménages bénéficiaires. Pour cela, les éléments de la sécurité des conditions de vie des ménages (SCVM) notamment l'alimentation, la santé, l'éducation, l'eau, la sécurité économique, l'environnement et l'abri ont été les centres d'intérêt avec un accent particulier sur la sécurité alimentaire et nutritionnelle des populations. L'évaluation a porté essentiellement sur:

- Le niveau de la sécurité alimentaire des ménages, analysé suivant le nombre de repas pris au quotidien avant et après les activités de restauration;
- La qualité nutritionnelle des kits alimentaires reçus par les populations bénéficiaires dont l'observation a été basée sur la détermination des quatre (4) groupes d'aliment qu'il faut pour une alimentation équilibrée. Ces groupes sont les glucides, lipides, protides et vitamines et sels minéraux;
- L'accessibilité à l'eau, appréciée à travers les ouvrages hydrauliques réalisés;
- La formation de la population, analysée suivant les activités de renforcement de capacité;
- L'amélioration des revenus, déterminée à travers l'appréciation de la population;
- La cohésion sociale et l'exode rural.

2.3 TRAITEMENT DES DONNÉES

L'étude étant descriptive, les différentes données (essentiellement qualitatives) ont été traitées sur le tableur Excel. Il a été procédé à des calculs de proportion et à l'établissement de graphiques.

3 RÉSULTATS

3.1 CARACTÉRISTIQUES DE L'ÉCHANTILLON

Le tableau 1 présente les caractéristiques de l'échantillon enquêté. L'échantillonnage a concerné les ménages bénéficiaires des trois secteurs d'études.

Tableau 1. Caractéristiques de l'échantillon enquêté

Caractère	Modalité	Pourcentage (%)
Secteurs	Darey	35
	Simiri	35
	Tondibiya	30
	Total échantillon n = 384	100
Sexe	Masculin	62
	Féminin	38
Tranche d'âges (ans)	[20-30[	6
	[30-40[	30
	[40-50[	28
	[50-60[	22
	[60-70[	8
	[70-80[	6

3.2 SÉCURITÉ ALIMENTAIRE ET ÉTAT NUTRITIONNEL

L'enquête réalisée a fait ressortir que 100% des ménages observaient la prise des trois (3) repas quotidiens depuis les activités de l'aménagement des sites, et cela depuis 7 à 9 ans (Figure 2). Cette capacité à satisfaire les trois (3) repas quotidiens, est un baromètre d'appréciation de la sécurité alimentaire dans la zone.

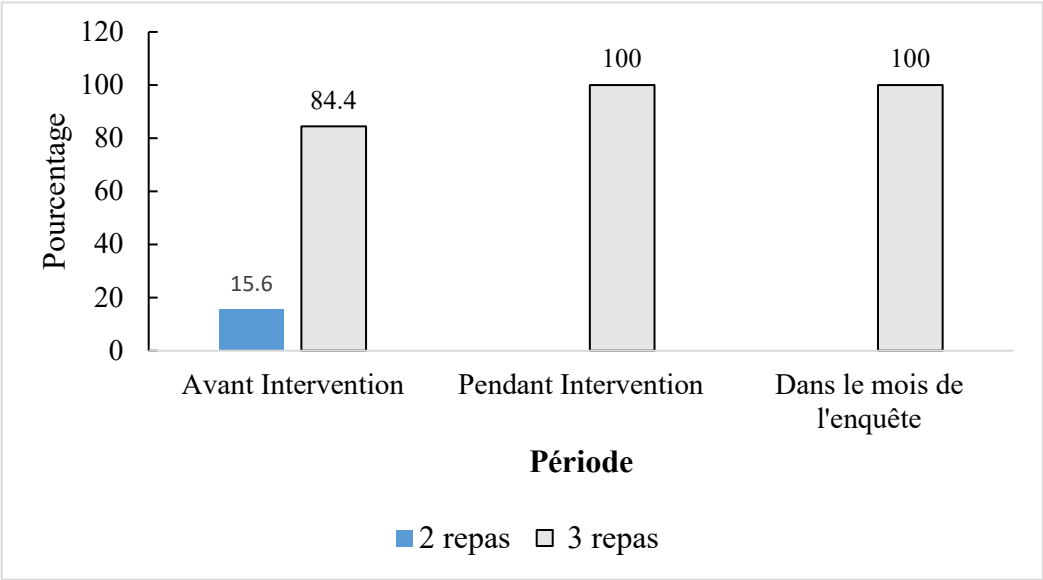


Fig. 2. Nombre de repas pris avant et après l'intervention

Les ménages recevaient de vivres à travers les opérations de food for asset (FFA) et de distributions gratuites en période de soudure notamment pendant la campagne agricole. En effet, la population est soutenue durant la campagne agricole, car

cette période constitue un moment de soudure caractérisant la zone. Ce geste (Figure 3) permet ainsi de stabiliser les paysans, particulièrement les plus vulnérables afin que ces derniers puissent se consacrer aux travaux champêtres du ménage.



Fig. 3. Opération de distribution de vivres en octobre 2022 à Darey

Pour la présente distribution, la quantité du kit alimentaire est fonction de la taille du ménage, mais renferme les quatre principaux groupes d'aliments nutritionnels. Ce sont:

- Les glucides, représentés par du riz et du mil;
- Les protéines, représentées par du niébé;
- Les lipides, représentés par l'huile de cuisine dans les bidons et;
- Les sels minéraux, représentés par le sel de cuisine dans le sachet plastique en noir.

Par la présence de ces différents groupes d'aliments nutritionnels, la ration peut être jugée relativement équilibrée. En effet, les vivres offerts ont permis de varier les menus des repas dans les ménages. Sans ces distributions, le repas surtout celui du déjeuner est généralement à base de mil (boule ou pâte). Mais depuis les assistances alimentaires de l'intervention, la population diversifie le menu des repas (riz +niébé, riz au gras, pâte de riz, etc.).

Par ailleurs, dans le cadre de la lutte contre la malnutrition des enfants, les ménages sont accompagnés à travers des distributions d'aliments fortifiés (CSB, Mizola) et des activités comme les ateliers culinaires de préparation de bouillie enrichie. S'agissant de la bouillie enrichie, les femmes sont organisées et mènent des séances de préparation où les principaux objectifs visés sont:

- Former les mères participantes et les inciter à préparer la bouillie à leurs enfants dans les ménages et;
- Préparer et servir de la bouillie aux enfants à chaque séance (Figure 4).



Fig. 4. Enfants entrain d'être servis après une séance de préparation de bouillie



Fig. 5. Suivi de l'état nutritionnel des enfants par mesure du périmètre brachial

Cet accompagnement a permis d'améliorer l'état nutritionnel de la femme et de l'enfant. Les personnes enquêtées ont affirmé à l'unanimité (100%) que l'état nutritionnel des enfants bénéficiaires s'est amélioré. Les suivis ont confirmé cela (Figure 5).

3.3 ACCESSIBILITÉ À L'EAU

Dans le cadre de la mise en œuvre des activités, en particulier celles maraîchères et pépinières forestières, des villages ont bénéficié d'infrastructures hydrauliques notamment des châteaux d'eau, des forages et des puits. Ces infrastructures hydrauliques particulièrement les châteaux d'eau, sont en progression avec l'installation continue des jardins maraîchers communautaires autour des villages (Figure 6).



Fig. 6. Jardin maraîcher communautaire équipé d'un château d'eau à Satara

Cette nouvelle dynamique a contribué à la disponibilité de l'eau pour les populations humaines et animales, car au-delà de l'irrigation, elles s'approvisionnaient en eau de consommation, de lessive, etc. L'intervention a amélioré l'accessibilité à l'eau (Figure 7).

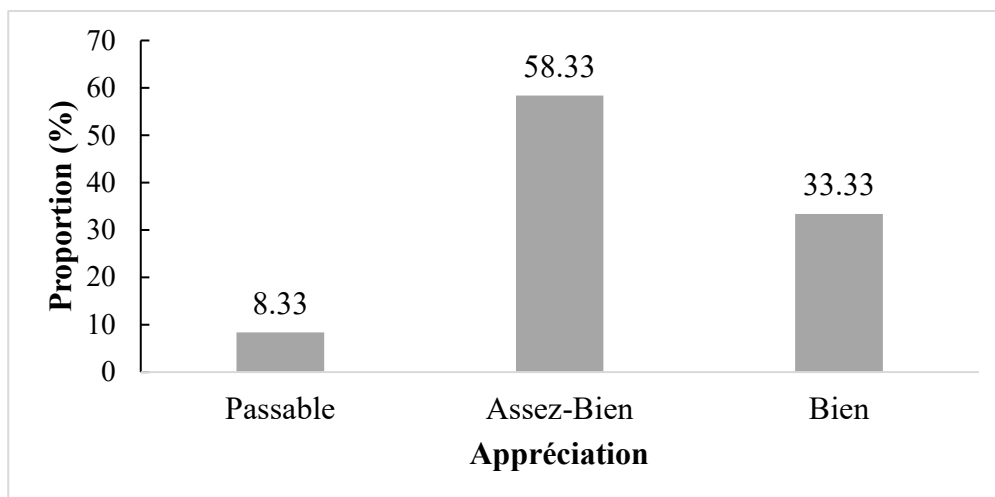


Fig. 7. Niveau de satisfaction de la population à l'accès à l'eau

Par ailleurs, les eaux captées par les ouvrages sur les plateaux pendant la saison des pluies ont contribué aussi à la disponibilité de l'eau. En effet, le bétail s'abreuvait et même des riverains qui en consommaient. D'après des personnes enquêtées, ces riverains préféraient l'eau de surface, car les puits sont parfois profonds (au-delà de 40 m) ou l'eau du puits est de faible qualité organoleptique comparativement à l'eau de surface.

3.4 FORMATION DE LA POPULATION

Au plan éducationnel, les populations ont bénéficié de formations et de sensibilisations ou encore de savoir-faire. Elles ont été appuyées dans la réalisation de plusieurs techniques notamment la demi-lune, le zaï, la banquette, le cordon pierreux et le muret. Les populations ont reçu aussi des formations ou sensibilisations, sur la plantation d'arbres, la production du compost, la pratique de la Régénération Naturelle Assistée (RNA), l'hygiène sanitaire, l'allaitement exclusif maternel et la confection du foyer amélioré (Figures 8-10).



Fig. 8. Foyers améliorés conçus dans des ménages



Fig. 9. Pratique de compostage dans un ménage



Fig. 10. Pratique de la régénération naturelle assistée (RNA)

La capacité technique, le savoir-faire et le savoir-vivre des populations ont été ainsi renforcés. A cet effet, on constate sur le terrain l'effet de tache d'huile à l'exemple de la confection de la demi-lune. Ainsi, il a été observé une réplique de cette dernière (Figure 11). La demi-lune constitue de ce fait, l'ouvrage le plus répandu et le plus maîtrisé par la population.



Fig. 11. Demi-lune répliquée à un pied de *Azadirachta indica* pour lui collecter l'eau de ruissellement dans une concession à Simiri

L'impact de l'intervention sur la formation de la population a été apprécié satisfaisant par les enquêtés (Figure 12).

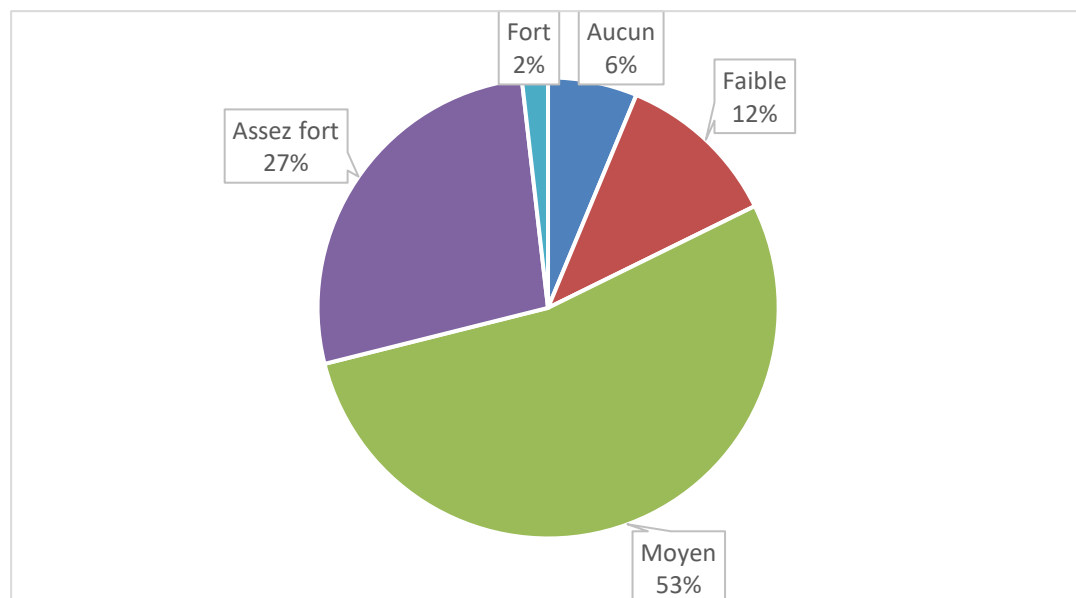


Fig. 12. Appréciation du niveau de l'impact de l'intervention sur la formation des populations

Aucun, Faible, Moyen, Assez-fort et Fort représentent respectivement une note de 0/5; 2/5; 3/5; 4/5 et 5/5 attribuée à l'impact de l'intervention sur la formation des populations. Ainsi, plus de la moitié de la population (53%) attribue une note de 3/5 (Moyen) à l'impact de l'intervention sur l'amélioration de leur vie.

3.5 AMÉLIORATION DES REVENUS

Dans le cadre de l'appui aux populations, ces dernières ont été assistées essentiellement en vivres et en matériel. Le revenu est alors plus en nature que monétaire. Dès lors, il est difficile d'évaluer le gain monétaire d'un bénéficiaire surtout que les quantités reçues variaient. Néanmoins, l'amélioration de la disponibilité alimentaire au sein des ménages a réduit les achats de vivres. Cela a amélioré le pouvoir d'achat et a permis à des bénéficiaires d'entreprendre des activités comme l'embouche et le petit commerce. Les populations arrivaient à faire face à des obligations religieuses et sociales notamment à l'occasion des cérémonies de mariage, de baptême, de fête, etc.

Par ailleurs, la population n'exerçait plus la pression sur les ressources (biens de production et d'existence) comparativement à la période qui précédait l'intervention. En somme, une variation (augmentation) du revenu des ménages a été enregistrée allant de 5 à 20% selon les personnes enquêtées (Figure 13).

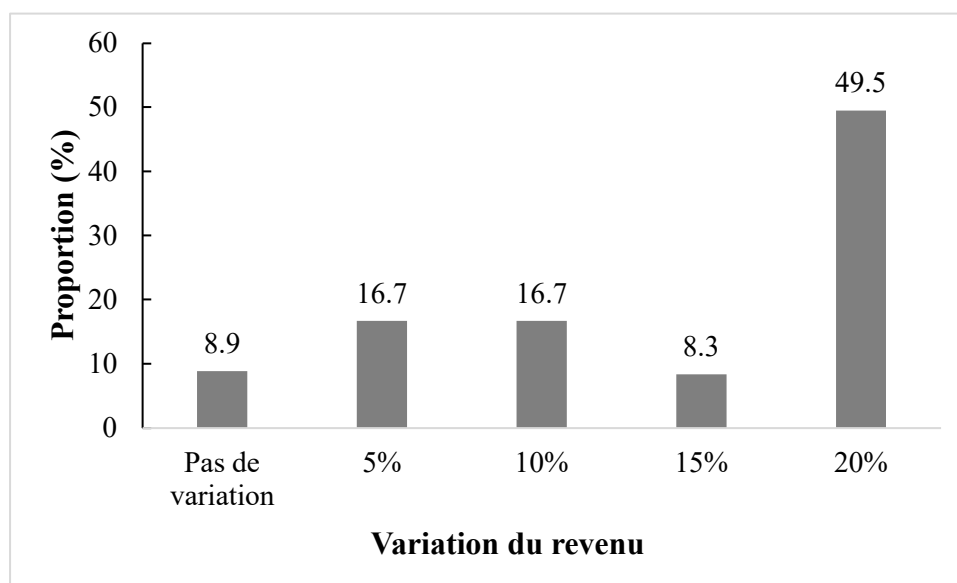


Fig. 13. Proportion de la variation du revenu des ménages

3.6 COHÉSION SOCIALE ET EXODE RURAL

Les rencontres des populations l'occasion des différentes activités communautaires ont permis le rapprochement des habitants des villages bénéficiaires. La solidarité entre les ménages bénéficiaires et non-bénéficiaires s'est renforcée. A cet effet, 100% des personnes enquêtées ont affirmé qu'elles assistaient leurs proches non-bénéficiaires du même village ou des villages environnants (après avoir reçu un kit alimentaire). La cohésion sociale a été ainsi renforcée par l'intervention axée sur la restauration des terres dégradées.

S'agissant de l'exode, avant l'intervention, les populations ont connu une situation où toute une famille se déplaçait vers les centres urbains pour des raisons de subsistance. Cependant, l'un des impacts de l'intervention selon les populations, c'est la stabilisation de ces dernières, face à l'exode rural. Désormais, elles préféraient rester au village pour les travaux de récupération des terres dégradées que d'aller en exode, car l'accessibilité alimentaire est facilitée aux ménages. Mieux, avec le regain d'intérêt aux activités maraîchères, les populations ont affirmé qu'elles ont encore une stratégie d'adaptation face à l'exode.

4 DISCUSSION

L'intervention a contribué à améliorer la sécurité alimentaire et l'état nutritionnel par la disponibilité et l'accessibilité de vivres particulièrement pendant les périodes de soudure récurrentes entre avril et août de l'année. Cependant, les kits de vivres reçus par la population à travers les opérations de food for asset (FFA) et de distributions gratuites, ont permis de protéger les productions de la campagne agricole et d'avoir une certaine disponibilité alimentaire [12], [13]. L'assistance de la population en vivres a permis de stabiliser les paysans dans leurs champs de culture pluviale. En effet, sans cette assistance,

les très pauvres s'adonnaient à des activités de subsistance [14] comme le salariat agricole au détriment des travaux champêtres de leurs ménages dans un contexte où la campagne agricole est la principale activité de subsistance de ces derniers. Les activités de récupération des plateaux ont donc réduit la vulnérabilité des bénéficiaires face au déficit alimentaire dont la zone était fréquemment victime. Cela a contribué à renforcer la résilience communautaire. Ces résultats ont été trouvés par [15] sur l'évaluation de l'impact socio-économique de l'aménagement du plateau de Satara (Simiri-Oullam). Ces derniers ont rapporté que l'aménagement du plateau a permis de stabiliser les populations bénéficiaires, de réduire leur vulnérabilité aux chocs externes (changements climatiques) et de renforcer leur résilience.

En ce qui concerne l'accessibilité de la population à l'eau, elle a été améliorée grâce à la réalisation des infrastructures hydrauliques et des ouvrages de captage des eaux des ruissellements que sont les demi-lunes et les banquettes. Ces résultats sont comparables à ceux de [16] qui a travaillé sur les impacts socio-économiques et écologiques des opérations de récupération des terres dégradées dans le département de Dogondoutchi (Dosso-Niger). Ainsi, 23% des personnes enquêtées ont affirmé que l'eau retenue par les ouvrages (banquettes) pendant la saison des pluies, allégeait la tâche à la population concernant les longues distances parcourues pour trouver de l'eau de boisson et d'usage domestique.

S'agissant de la formation, les activités notamment les techniques de récupération des terres dégradées et de gestion de fertilité et les séances de sensibilisations, réalisées au profit des populations, ont renforcé leur capacité. Ce renforcement de capacité technique des populations a été trouvé par plusieurs travaux [13], [17].

Par ailleurs, l'aménagement des sites sylvo-pastoraux a contribué aussi au renforcement de la cohésion sociale au sein de la population comme obtenu par des travaux [18], [19]. [19] a trouvé que la cohésion sociale a été améliorée au cours de son évaluation sur les effets des interventions mises en œuvre dans le cadre de la gestion de crise alimentaire. S'agissant de l'exode rural, il a été impacté par les activités de restauration des terres au même titre que les revenus des populations [3], [20].

5 CONCLUSION

Plusieurs activités ont été réalisées dans le cadre de l'intervention axée sur l'aménagement des plateaux afin de renforcer la résilience communautaire. L'intervention a contribué à améliorer la sécurité alimentaire et l'état nutritionnel par la disponibilité et l'accessibilité de vivres à la suite des opérations d'assurances alimentaires (Food For Asset et distributions gratuites). La capacité technique des populations a été renforcée et l'exode rural qui est très fréquent dans les secteurs, est impacté grâce à l'intervention du programme. Par la solidarité villageoise, les effets de l'intervention sont aussi enregistrés au niveau des ménages non-bénéficiaires. Par ailleurs, avec le retour de la végétation dans les sites aménagés sur les plateaux, la population s'approvisionnait en bois de service et d'énergie et du fourrage pour le bétail.

REFERENCES

- [1] A. G. Boureima: Sécheresse et famine au Sahel: Crises alimentaires et stratégies de subsistances en Afrique Sahélienne: Burkina Faso, Mali, Niger. Thèse de doctorat, TomII, Université Jussieu, Paris, 516p, 1988.
- [2] M. Larwanou: Dynamique de la végétation dans le domaine sahélien du Niger occidental suivant un gradient d'aridité: Rôles des facteurs écologiques, sociaux et économiques. Thèse de Doctorat, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger, 229p, 2005.
- [3] REUNIR et PAM: Apports de la recherche pour un changement de paradigme dans l'opérationnalisation de l'approche résilience au Sahel. 217p, 2020.
- [4] P. Gubbels: Mettre fin à l'état d'urgence quotidien: Résilience et enfants au Sahel. Etude commanditée par World Vision et Save the Children. 63p, 2012.
- [5] V. Koné: Contribution du PRGDT à l'Adaptation des populations face aux Changements Climatiques dans la commune de Korhogo en Côte d'Ivoire. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master en gestion durable des terres, centre régional Agrhymet, 52p, 2017.
- [6] S. Cristofoli et G. Mahy, «Restauration écologique: contexte, contraintes et indicateurs de suivi», *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, vol. 14, no. 1, pp. 203-211, 2010.
- [7] M. Philippe: Les Services Environnementaux en Economie: Revue de la littérature. Document de travail n° 2010-05, IRD Montpellier, 44p, 2010.
- [8] D. Fourera, A. Chitou et Y. Boureima: Évaluation économique de la récupération des terres dégradées dans les communes rurales de Simiri et de Namaro au Niger ». Un rapport de l'Initiative ELD dans le cadre du projet, Inverser la dégradation des terres en Afrique par l'adoption à grande échelle de l'agroforesterie, Centre National de Surveillance Ecologique et Environnementale (CNSEE), 26p, 2019.

- [9] A. O. Moussa, I. Dan Guimbo, N. Dan Lamso, H. Rabiou et S. A. Harouna, «Impacts de la demi-lune sylvopastorale sur la revégétalisation des plateaux dans le département de Ouallam (Niger)», *European Scientific Journal*, vol. 18, no. 36, pp. 119-223, 2022b. DOI: 10.19044/esj.2022.v18n36p199.
- [10] A. O. Moussa, I. Dan Guimbo, N. Dan Lamso and M. A. Mahamadou, «Sedimentation dynamics of soil particles in sylvopastoral half-moons on restored plateaus in the Ouallam department (Niger)», *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, vol. 7, no. 5, pp. 129-139, 2022b. DOI: 10.22161/ijeab.
- [11] R. V. Krejce and D. W. Morgan, «Determining sample size for research activities», *Educational and Psychological Measurement*, vol. 30, pp. 607-610, 1970.
- [12] Y. Hamidou: Impact des demi-lunes dans le cadre de la récupération de terre au Niger: cas du site de Weylabon (Ayorou) dans la région de Tillabéry. Mémoire de Master, Faculté des Sciences/ULG, 50p, 2017.
- [13] A. O. Moussa: Effets des travaux de récupération des terres sur la résilience des communautés dans le secteur de Darey, commune de Tondikiwindi/Ouallam. Mémoire de Master, Faculté d'Agronomie/UAM, 65p, 2018.
- [14] N. Nouhou, A. Sadda et B. Yamba, «Insécurité alimentaire des ménages agricoles et stratégies de résilience au Sahel: Cas de la vallée de Goulbi Maradi, Niger», *European Scientific Journal*, vol. 15, no. 18, pp. 96-112, 2019. DOI: 10.19044/esj.2019.v15n18p96.
- [15] H. Moussa, A. S Noma., A. T. Amadou et B. Hassane, «Evaluate the socio-economic impact of the realization of half-moons and forest benches, their durability as well as their influences on the plantations of *Eucalyptus camaldulensis* at the village of satara, commune of Simiri, department of Ouallam, region of tillabery in Niger, west Africa», *International Journal of Agriculture and Environmental Research*, vol. 3, no. 6, pp. 4307-4328, 2017.
- [16] A. Sanoussi: Impacts socioéconomiques et écologies des opérations de récupération des terres dégradées dans le département de Dogondoutchi: cas des terroirs de Gofawa, Doubalma Guida, et Lilato. Mémoire de Master, FA/UAM, 53p, 2011.
- [17] Y. A. Ousseini: Effets des travaux de récupération des terres dégradées sur le potentiel agro-sylvo-pastoral dans le secteur de Darey (Tondikiwindi). Mémoire de Master, Faculté d'Agronomie/UAM, 72p, 2018.
- [18] K. Adama: Impacts socioéconomiques de l'utilisation de la jachère forestière améliorée pour la récupération des terres salées dans la région de Kaolack, au Sénégal. Mémoire de Maîtrise, Université de Laval, Québec, Canada, 121p, 2013.
- [19] M. Ali: Evaluation des effets des interventions mises en œuvre dans le cadre de la gestion de la crise alimentaire 2011-2012. Rapport final, 65p, 2013.
- [20] M. S. Abdoulaye: Impacts des travaux de restauration des terres sur le potentiel Agrosylvo-pastoral dans le secteur de Tondibiah (Tondikiwindi). Mémoire de Master, Faculté d'Agronomie/UAM, 80p, 2018.

Effets de la fertilisation organo-minérale sur la croissance et le rendement du maïs graines à l'ISAV de Faranah

[Effects of organo-mineral fertilization on the growth and yield of seed corn at the ISAV Faranah]

Diallo Boubacar¹, Diallo Diariou², Barry Ibrahima², Diallo Alhassane³, Diallo Alhassane⁴, Cisse Amara¹, Conde Moussa⁵, and Diallo Diawadou¹

¹Département Agriculture, Institut Supérieur Agronomique et Vétérinaire de Faranah, Guinée

²Département Génie Rural, Institut Supérieur Agronomique et Vétérinaire de Faranah, Guinée

³Département Chimie, Faculté Sciences et Techniques, Université de N'Zérékoré, Guinée

⁴Département Economie Rurale, Institut Supérieur Agronomique et Vétérinaire de Faranah, Guinée

⁵Département Eaux et Forêts- Environnement, Institut Supérieur Agronomique et Vétérinaire de Faranah, Guinée

Copyright © 2025 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The present study aims to determine the best organo-mineral fertilization formula for increased production of seed corn at the Faranah/ ISAV. A Randomized Complete Block experimental design comprising variants (D0; D4+50; D6+75; D8+100; D0+150 and D12+0) each repeated three times was carried out.

During the vegetative phases the findings revealed that the highest Daily Growth Rates obtained on the 35th Day After Sowing (DAS) with D0 (2.30 cm/day); on the 45th and 55th DAS with D0+150 (2.00 and 4.97cm/day) respectively. At maturity, the tallest plants were obtained with the doses D12+0 (233.00 cm) and D8+100 (232.67 cm) and the shortest plants with D4+50 (192.83 cm).

Respective gains of 480kg/ha; 1050kg/ha, 1340kg/ha; 1360 kg/ha and 1880 kg/ha of seed corn yield were obtained with the increase in doses and types of fertilizers used compared to the control. The highest corn seed yields were obtained with the D12+0 and D0+150 inputs, either 4870 and 4350 kg/ha respectively compared to the unfertilized control which obtained 2990 kg/ha. As part of the sustainable improvement in seed corn productivity at ISAV in Faranah, organic manure fertilizer such as cow dung at a dose of 12 000 kg / ha (D12+0) and Triple 17 mineral fertilizer at a dose of 150 kg/ha (D0+150) would be a practice to be popularized.

KEYWORDS: Cow dung, Triple 17, dose, Zea mays, growth, yield, organic matter.

RESUME: La présente étude vise à déterminer la meilleure formule de fertilisation organo-minérale pour une production accrue de maïs graines à l'ISAV de Faranah. Un dispositif expérimental Bloc Complet Randomisé comportant des variantes (D0; D4+50; D6+75; D8+100; D0+150 et D12+0) répétées trois fois chacune a été réalisé.

Pendant les phases végétatives les constats ont révélé que les plus grandes Vitesses de Croissance Journalière obtenues au 35^e Jour Après Semis (JAS) avec D0 (2,30 cm/J); au 45^e et 55^e JAS avec D0+150 (2,00 et 4,97cm/J) respectivement. A la maturité les plus hauts plants ont été obtenus avec les apports D12+0 (233,00 cm) et D8+100 (232,67 cm) et les plus courts plants avec D4+50 (192,83 cm).

Des gains respectifs de 480kg/ha; 1050kg/ha, 1340kg/ha; 1360 kg/ha et 1880 kg/ha du rendement en maïs graines ont été obtenus avec l'augmentation des doses et types d'engrais utilisés par rapport au témoin. Les rendements en graines de maïs les plus élevés ont été obtenus avec les apports D12+0 et D0+150 soit 4870 et 4350 kg/ha respectivement par rapport au témoin non fertilisé qui a obtenu

2990 kg/ha. Dans le cadre de l'amélioration durable de la productivité du maïs graines à l'ISAV de Faranah, l'engrais organique fumier de bovin à la dose 12000 kg /ha (D12+0) et l'engrais minéral Triple 17 à la dose de 150 kg/ha (D0+150) serait une pratique à vulgariser.

MOTS-CLEFS: Bouse de vache, Triple 17, dose, *Zea mays*, croissance, rendement, matière organique.

1 INTRODUCTION

La baisse de la fertilité du sol est due à une diminution de la matière organique du sol entraînant une perte en éléments nutritifs. Il est indéniable que cette baisse de fertilité entraîne une baisse des rendements. En Afrique subsaharienne, les systèmes de production agricole manquent de durabilité dû à la pression démographique [1].

Face à ce défi à relever, la productivité agricole doit être assurée par l'augmentation de la fertilité des sols plutôt que d'utiliser le nomadisme agricole qui détruit des forêts et des terres fragiles sensibles à la dégradation. Associer de la fumure organique aux engrais minéraux a de nombreux avantages l'augmentation et le maintien du niveau de fertilité des sols et le rendement des cultures céréalières [2], [3], [4], [5].

La matière organique constitue un facteur essentiel à l'amélioration des propriétés physico-chimiques du sol, une bonne nutrition des plantes et pour un bon développement végétatif. Ce qui induit une forte production de la paille. Ceci suggère que l'apport au sol de matière organique a permis de satisfaire les besoins des plantes pour un bon développement de la biomasse végétale, mais que sa qualité, en particulier sa déficience en N. Pet K influe négativement sur le remplissage des grains [6], [7].

Les engrais minéraux apportent au sol des éléments nutritifs prélevés directement par la plante pour son alimentation et quand ils sont mélangés aux matières organiques comme la bouse de vache jouant un rôle amendement, l'assimilation des éléments nutritifs apportés par les engrais minéraux est encore favorisée d'où une augmentation de la production en biomasse [8], [9], [10].

Le rôle bénéfique des fumures organo-minérales dans l'amélioration du statut organo-minéral du sol et de son interaction probable sur les propriétés physiques du sol est connu. Il a été démontré que l'apport de matières organiques sous forme de fumier, de compost en association avec de l'engrais minéral azoté, permettrait un accroissement simultané de la productivité et la stabilité interannuelle des rendements [8].

L'apport aux cultures des engrais minéraux en association avec la fumure organique améliore plus la production de façon substantielle tout en assurant une meilleure protection des sols contre la baisse de la fertilité chimique. Plusieurs travaux des auteurs ont montré le rôle bénéfique de la fertilisation organo-minérale sur les rendements des cultures céréalières [5], [11], [12], [13].

Le maïs exige pour sa croissance et sa production, des éléments minéraux qu'il puise dans le sol. L'azote est un facteur important dans la fertilisation du maïs. Il faut souligner l'exigence particulière en azote juste avant la floraison pour permettre une formation normale de l'épi [14]. Les éléments nutritifs majeurs tels que l'azote, le phosphore et le potassium sont connus pour leur action directe sur les principaux processus de croissance et de développement de la plante [1]. Un manque d'azote et les autres éléments fertilisants peuvent occasionner des baisses de rendements [15]. Le phosphore joue un rôle important dans l'amélioration et le maintien de la matière organique des sols en stimulant la croissance, la densité et la longueur des racines, qui sont des sources de matière organique stables et résistantes à la biodégradation [16]. En effet, les études de nombreux auteurs [6], [17], [18] ont démontré que l'azote et le phosphore sont les deux premiers facteurs limitant la production des cultures en Afrique. Les pertes de ces éléments nutritifs dans les sols entraînent des diminutions progressives de la fertilité des sols et des rendements des cultures [7]. La teneur en matière organique du sol s'avère donc l'une des clés de production intensive du maïs.

L'objectif de cette recherche était de connaître les effets des doses de fumure organo-minérale en culture du maïs.

Et spécifiquement ce travail a été réalisé en vue: (i) -d'évaluer les effets de la combinaison des engrais organiques et minéraux sur la croissance du maïs; (ii) -connaître les effets de ces fumures sur la production du maïs grain.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 SITE D'ÉTUDE

L'essai a été conduit pendant l'hivernage de 2012 dans la station expérimentale du département agriculture de l'ISAV/Faranah situé au sud-ouest de la Guinée sur un sol ferrallitique de texture sablo-argilo-limoneuse dont la granulométrie été déterminée par la méthode densimétrique de Boyoucos. Pour les analyses agrochimiques du sol les méthodes suivantes ont été utilisées: Anne pour le carbone

organique, Kjeldahl pour l'azote, électrométrie pour le pH à l'eau, Bray pour le phosphore assimilable et spectrophotométrie pour le potassium [19].

Les résultats des paramètres physiques et agrochimiques du sol d'essai et des données météorologiques qui ont prévalu au cours des travaux de terrain sont consignés dans les tableaux 1 et 2.

Tableau 1. *Résultats des paramètres physiques et agrochimiques du sol d'essai*

Profondeur	Paramètres		Valeurs moyennes et interprétations
20 (cm)	Physiques	Argile (A)	18.0 %
		Limon fin (Lf)	8.0%
		Limon grossier (Lg)	4.0%
		Sable fin (Sf)	28.0%
		Sable grossier (Sg)	42.0 %
		Texture Sablo Argilo Limoneux (SAL)	
	Chimiques	Carbone (%)	1.98%
		Azote Assimilable (Nass.)	0.17%
		Phosphore Assimilable (P2O5ass.)	0.41%
		Capacité d'Echange Cationique (CEC)	0.31 meq/100g
		pH	6.1

Tableau 2. *Données météorologiques enregistrées au cours de l'essai (Station météorologique de Faranah, 2012)*

Paramètres		Mois					
		Mai	Juin	Juillet	Aout	Total	Moyenne
Température (°C)	Maximale	35,5	31,6	31	30,7	128,8	32,2
	Minimale	22	21	21,4	21,2	85,6	21,4
Humidité relative (%)	Maximale	90	96	96	96	378	94,5
	Minimale	59	71	74	75	279	69,7
Pluviométrie (mm)	Quantité totale	260,8	161,6	334,3	239,2	995,9	-
	Nombre de jours	13	14	17	22	66	-
Vent	Vitesse moy. (m/s)	14	9	8	8	40	10
	Direction	E	S	S	W	-	-

2.2 MATÉRIEL VÉGÉTAL

Le matériel végétal utilisé est la variété de maïs hybride C75 en provenance de la Chine. C'est une variété nouvelle, précoce avec un cycle végétatif de 75 jours. La semence utilisée a été prélevée des échantillons déposés par les étudiants l'ayant expérimenté durant la campagne 2011.

2.3 VARIANTES D'ÉTUDE ET DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Les variantes d'étude sont représentées par les doses combinées de bouse de vache et du Triple 17 par hectare.

D0: 0 Kg de bouse de vache + 0 Kg de Triple 17;

D4+ 50: 4000 Kg de bouse de vache + 50 Kg de Triple 17;

D6+ 75: 6000 Kg de bouse de vache + 75 Kg de Triple 17;

D8+ 100: 8000 Kg de bouse de vache + 100 Kg de Triple 17;

D0+ 150: 0 Kg de bouse de vache + 150 Kg de Triple 17;

D12+ 0: 12000 Kg de bouse de vache + 0 Kg de Triple 17.

Le dispositif expérimental utilisé a été celui de Bloc Complet Randomisé (BCR) ou Bloc de Fisher comportant six traitements répétés trois fois soit dix huit parcelles élémentaires. L'unité expérimentale était représentée par une parcelle de 10,5 m².

2.4 CONDUITE DE LA CULTURE

Le précédent cultural était du riz. Des variantes d'étude constituées de poudrette de bouse de vache plus l'engrais minéral (17-17-17) ont été épandus dans les poquets deux jours avant le semis à trois graines par poquet aux écartements de 0,7m × 0,5m sur des parcelles labourées et nivelées en planches de 10 cm de hauteur. Au stade de trois feuilles, un démariage à deux plants par poquet a été effectué pour obtenir une densité de 57 143 plants/ha. L'urée apportée en deux fractions à la dose de 100 kg/ha aux 25 Jours Après Semis (JAS) et 45 JAS a été utilisée comme engrais de couverture suivi de deux sarco-binages et buttages réalisé aux mêmes périodes.

2.5 PARAMÈTRES MESURÉS

Cinq plants ont été choisis aléatoirement dans chaque parcelle élémentaire pour servir d'échantillons d'étude. Les évaluations des plants en plein champ ont porté sur la vitesse moyenne de croissance journalière en cm/j au 35^e, 45^e et 55^e JAS, la surface foliaire moyenne en cm², la hauteur moyenne des plants à la récolte en cm. Les évaluations des paramètres de production évalués au laboratoire ont porté sur le nombre moyen de rangées par épi, le diamètre moyen des épis en cm, la longueur moyenne des épis en cm, le nombre moyen de graines par épi, le nombre moyen de graines par rangée le poids moyen de mille graines en g et le rendement moyen en T/ha.

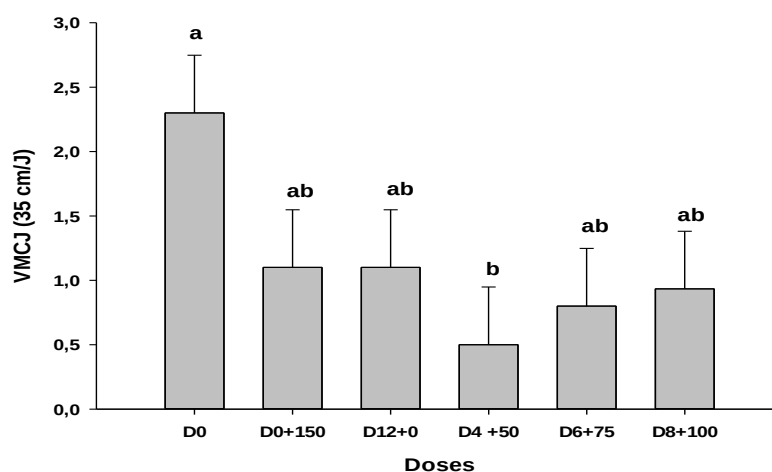
2.6 ANALYSE STATISTIQUE

Les données collectées ont été soumises à l'analyse de variance à l'aide du logiciel IBM SPSS Statistics 22.0. Les comparaisons des moyennes ont été faites selon le test de Duncan aux seuils de 5 % et 1%. Les graphiques ont été conçus à l'aide du logiciel SigmaPlot 12.5.

3 RESULTATS

Les résultats obtenus des paramètres de croissance et de production du maïs apparaissent dans les graphiques ci-dessous.

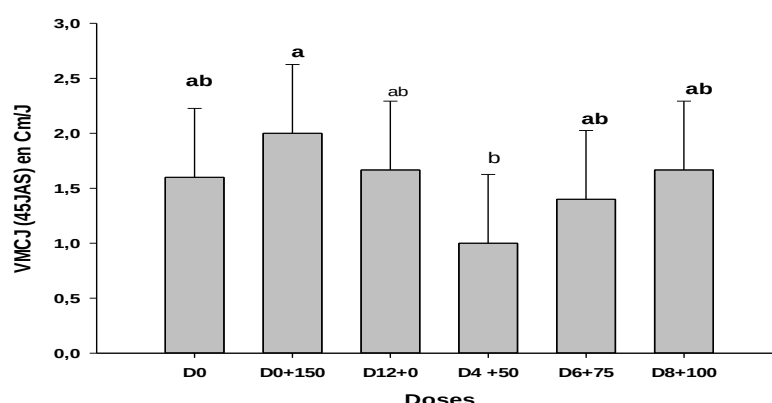
3.1 EFFETS DES FERTILISANTS SUR LES PARAMETRES DE CROISSANCE ÉVALUÉS



Graphique 1: Vitesse Moyenne de Croissance Journalière au 35^e JAS (cm/j)

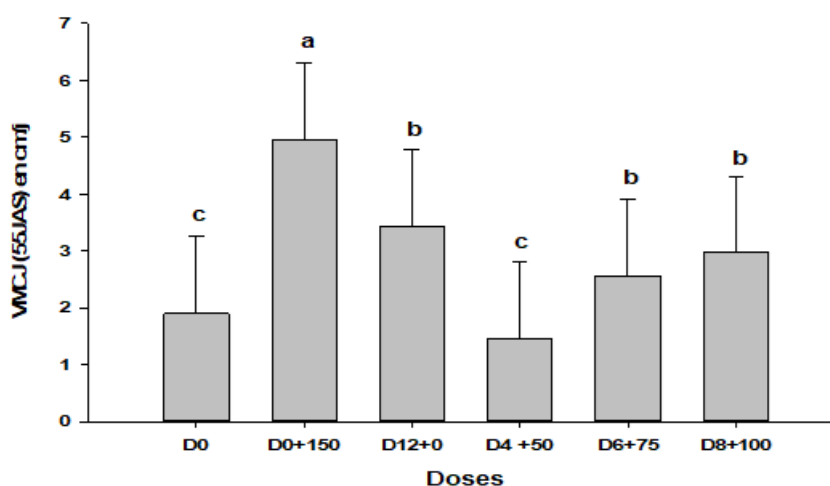
L'accroissement journalier des plants au niveau des variantes d'étude à 35 JAS ont montré que c'est la dose D0, qui a donné la plus grande valeur soit 2,30 cm/j alors que la plus petite valeur a été celle enregistrée au niveau de la dose D4+50 soit 0,50 cm/j. Cependant, les autres doses ont fourni des valeurs intermédiaires identiques obtenues avec les doses D0+150 et D12+0.

Cette démarcation de la dose D0 par rapport aux autres variantes montrerait qu'elle aurait efficacement prélevé des éléments minéraux de la réserve du sol pour la croissance des plants de maïs.



Graphique 2: Vitesse Moyenne de Croissance Journalière au 45^e JAS (cm/j)

De ce graphique, nous remarquons que c'est la dose D0+150 qui a donné la plus grande valeur d'accroissement journalier soit 2,00 cm/j, alors que la plus petite valeur a été celle de la dose D4+50 (1,26 cm/j) cependant les autres doses ont occupé la position intermédiaire. Cet accroissement serait dû à la disponibilité en grande quantité des éléments nutritifs fournis par l'engrais minéral Triple 17 qui contient à la fois les trois éléments majeurs N; P₂O₅ et K₂O indispensables à la croissance et au développement des céréales en général et du maïs en particulier.

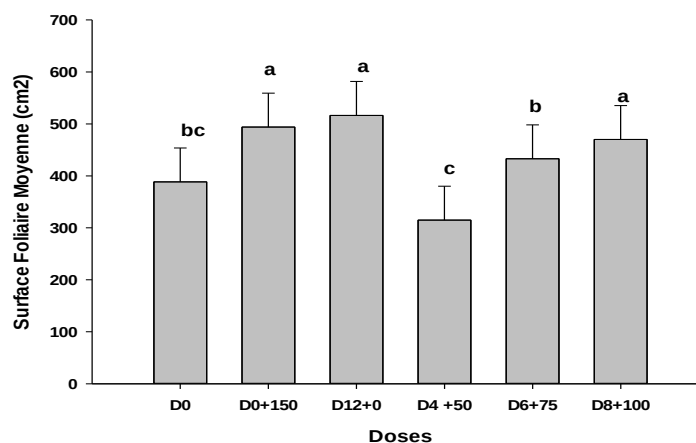


Graphique 3: Vitesse Moyenne de Croissance Journalière au 55^e JAS (cm/j)

Ce graphique indique que la dose D0+150 a donné la plus grande valeur d'accroissement journalier soit 4,96 cm/j, alors que la plus petite valeur a été celles des doses D0 et D4+50 (et 1,95 cm/j et 1,46 cm/j) respectivement alors que, les autres doses occupent la position intermédiaire.

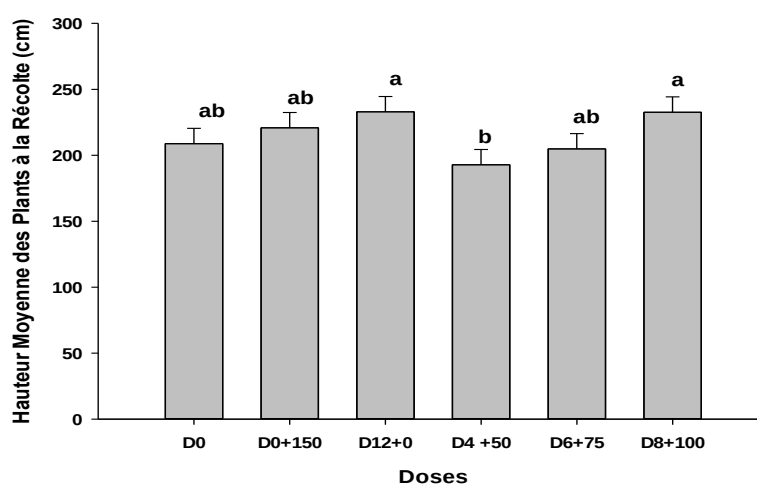
La forte proportion en éléments nutritifs fournis par le Triple 17 comparée à la bouse de vache, aurait fourni rapidement aux plants du maïs l'azote; le phosphore et le potassium indispensables à la croissance et au développement des plantes cultivées.

Toute fois, le constat est qu'au niveau des doses à fumures combinées, l'accroissement a été proportionnel aux quantités épandues.



Graphique 4: Surface Foliaire Moyenne (cm²)

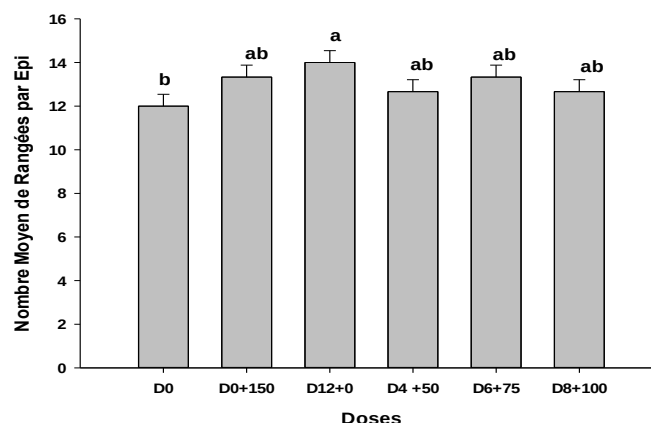
De ce graphique 4, Les plus grandes valeurs de Surface Foliaire Moyenne ont été retrouvées avec la dose D12+0 soit 516,44cm² et celles plus petites ont été fournies par la variante D4+50 (314,97cm²) et les autres variantes ont occupé des positions intermédiaires avec des valeurs: D0 (388,50 cm²); D6+75 (432,89 cm²); D8+100 (470,14 cm²); D0+150 (493,96 cm²).



Graphique 5: Hauteur Moyenne des Plants à la Récolte (cm)

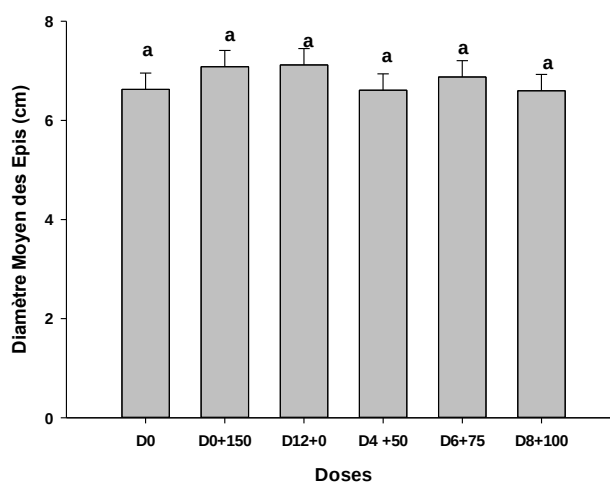
De ce graphique, nous voyons que les plus hauts plants à la récolte ont été retrouvés avec la dose D12+0 et les plus courts plants chez la dose D4+50; alors que les autres variantes ont occupé des positions intermédiaires. Cela pourrait être expliqué par la fourniture lente et progressive des éléments minéraux aux plants de la variante D12+0 car ne renfermant que de la bouse de vache qui a des effets positifs sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol favorable à la croissance et au développement des plantes cultivées.

3.2 EFFETS DES FERTILISANTS SUR LA PRODUCTION EN MAÏS GRAINES



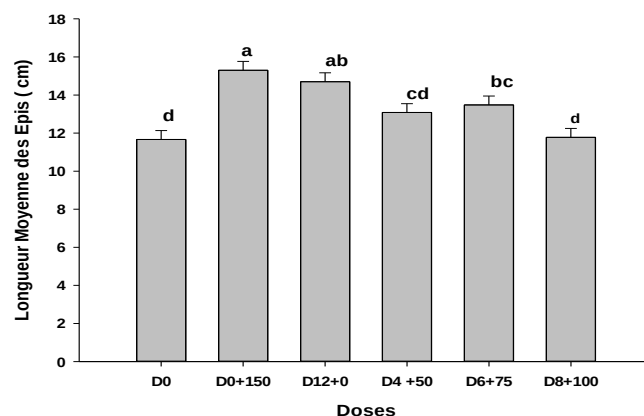
Graphique 6: Nombre Moyen de Rangées par Epi

Le graphique 6 a montré que les doses de fertilisant ont influencé le paramètre étudié. Le plus grand nombre moyen de rangées par épi a été obtenu avec la dose D12+0, alors que la dose D0 a eu le plus petit nombre de rangées comparé aux autres doses expérimentées.



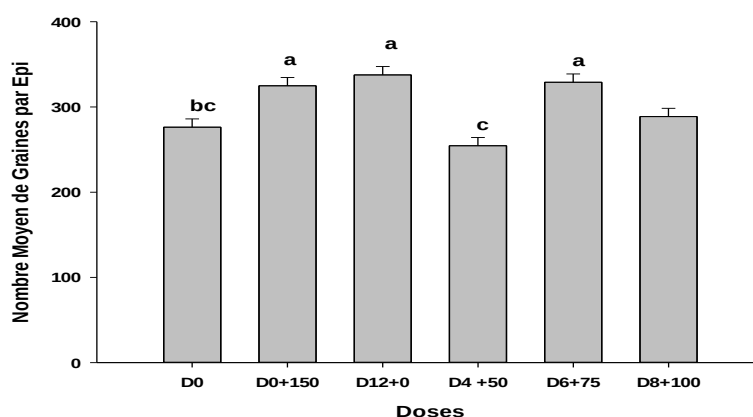
Graphique 7: Diamètre Moyen des Epis (cm)

Ce graphique, a indiqué que toutes les doses d'engrais appliquées ont fourni des épis ayant les mêmes diamètres qui ont varié entre 6,60cm pour D8+100 à 7,12cm avec D12+0. Ce qui prouve que le diamètre moyen des épis n'a pas été influencé par les doses de fumures expérimentées.



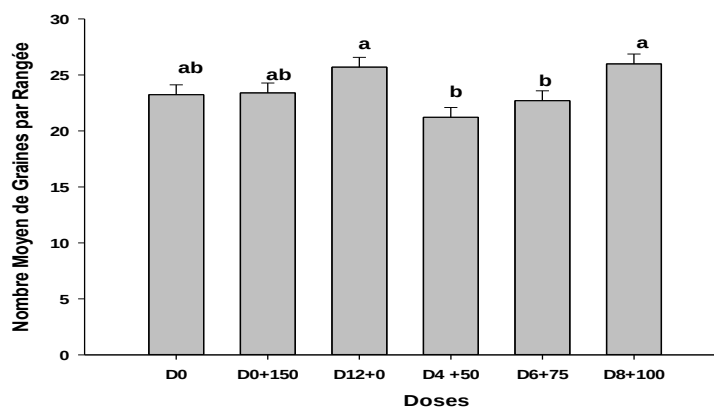
Graphique 8: Longueur Moyenne des Epis (cm)

Ce graphique a indiqué que les traitements ont influencé la longueur moyenne des épis. La dose D0+150 avec 15,30 cm a obtenu les plus longs épis et les plus courts épis par les doses D0 (11,67cm) et D8+100 (11,78 cm).



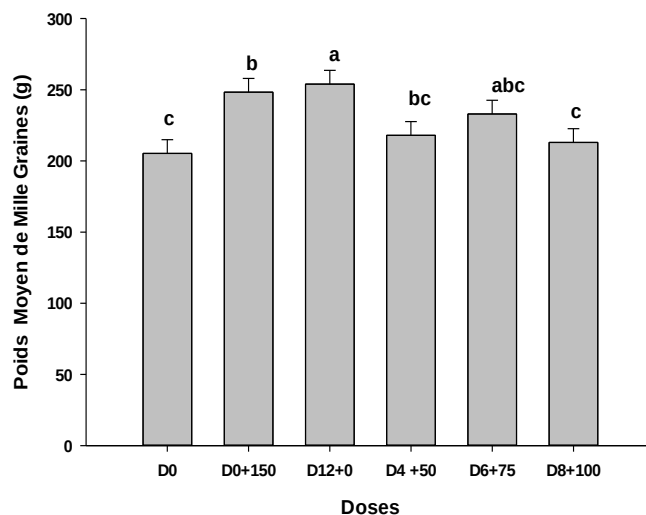
Graphique 9: Nombre Moyen de Graines par Epi

Les effets des doses d'engrais sur le nombre moyen de graines par épi, ont prouvé que les traitements D0+150; D6+75 et D12+0 ont fourni des épis de maïs ayant plus de 324,63 graines, 329,00 graines et 337, 67 graines; alors que le traitement D4+50 a fourni des épis ayant moins avec 254,50 graines.



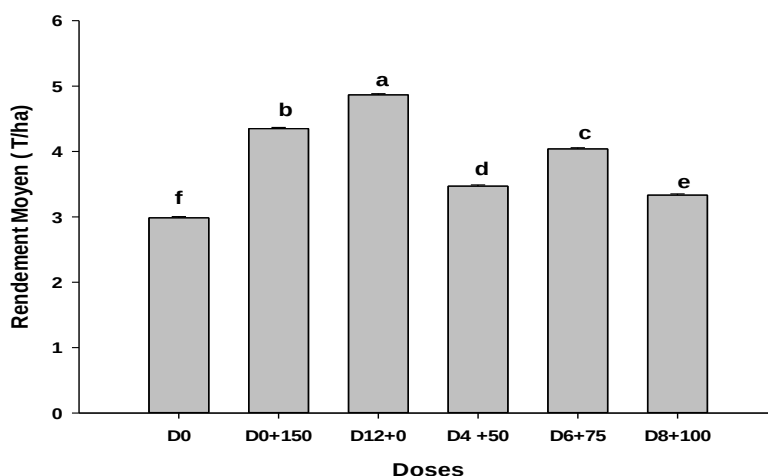
Graphique 10: Nombre Moyen de Graines par Rangée

Les doses d'engrais utilisés ont été faiblement influencé par le Nombre Moyen de Graines par Rangée. Toutefois, les traitements D8+100 et D12+0 ont fourni des épis ayant plus de graines par rangée (25,99 et 25,70) comparés aux doses D4+50 et D6+75 qui avaient moins de graines par rangée (21,22 et 22,71).



Graphique 11: Poids Moyen de Mille Graines (g)

Ce graphique a prouvé que les poids des graines de maïs ont été fortement influencé par les formules de fertilisation apportées. Ainsi les plus lourdes graines ont été fournies par la dose D12+0 soit 254,00 g, alors que les doses D0 et D 8+100 ont donné les graines les plus légères avec des valeurs de 205,33g et 213,00 g respectivement.



Graphique 12: Rendement Moyen (T/ha)

Pour le rendement, une forte disparité entre les variantes a été observée. Parmi eux, le traitement D12+0 a fourni le plus grand rendement soit 4,86 T/ha, alors que la variante D0 a fourni le plus petit 2,98 T /ha.

4 DISCUSSION

4.1 EFFETS DES ENGRAIS ORGANO-MINÉRAUX SUR LA CROISSANCE DES PLANTS DE MAÏS

Les fertilisants organominéraux appliqués à des proportions variables ont montré une croissance rapide des plants du témoin comparé aux autres variantes. Ces constats justifient les résultats obtenus selon les quels les constituants des amendements organiques ne sont pas directement disponibles, ils doivent d'abord être minéralisés. Ces résultats confirment ceux trouvés par [20] qui indique que le fumier de ferme nécessite une période de végétation pour libérer 20 à 40% de l'azote. Pour le compost, la minéralisation est assez lente 15% uniquement de l'azote est transformé durant la première année.

A deux mois de culture les effets des fertilisants utilisés auraient produits une forte croissance des variantes excepté celle témoin dus à leur décomposition et libération des éléments minéraux qu'ils renferment. Ainsi, des plants ayant des feuilles longues et larges et hauts à la récolte ont été retrouvés avec des doses de D12+0 de bouse de vache et D0+ 150 du triple 17 ainsi que celle combinée D8+100. Cette différence de croissance entre les doses expérimentées serait probablement dû à la non disponibilité des éléments nutritifs en quantité suffisante dès après l'application de la fumure organique (bouse de vache) au niveau des plantes cultivées. Ces résultats confirment les idées selon les quelles les engrais organiques ont des effets bénéfiques de la productivité du maïs qui augmentent le taux d'absorption des nutriments, le transport et la disponibilité des micro éléments [21].

Les engrais organiques peuvent également offrir des sources de carbone aux microbes du sol, ce qui est bénéfique pour la décomposition et la libération lente et progressive des éléments nutritifs du sol, améliorant la structure du sol et complète la productivité des cultures [22], [23].

En culture de piment, l'amendement organique a eu un effet significatif sur la hauteur des plantes à partir de 90 et 120 JAS, tandis que la fertilisation minérale a eu un effet positif dès les 60 JAS. Les effets des engrais organiques par rapport à l'engrais minéral peuvent s'expliquer par la faible vitesse de minéralisation des amendements organiques. D'où les constituants des amendements organiques ne sont pas directement disponibles, ils doivent d'abord être minéralisés [24], [25].

4.2 EFFETS DES FERTILISANTS ORGANO-MINÉRAUX SUR LES PARAMETRES DE PRODUCTION DU MAÏS GRAINES

Des résultats obtenus ont prouvé que pour tous les traitements seuls le diamètre moyen des épis n'a été influencé par les doses d'engrais apportées.

D'une manière générale, des variantes D12+0 et D0+ 150 ont fourni des plus longs épis, mieux pourvus en graines et plus lourdes par conséquent l'apport de la fumure organique a induit une amélioration significative des rendements en maïs graines.

L'application des engrais organiques tels que la bouse de vache peut augmenter le taux du carbone du sol, améliorer la productivité du sol et obtenir des rendements similaires avec l'ajout des engrais minéraux [26], [27].

La bouse de vache a joué un double rôle dans la nutrition des plantes, elle a fourni les éléments minéraux pour la nutrition des plantes, a améliorés aussi l'efficacité de la fumure minérale. Les fumures organiques permettent donc le recyclage des éléments nutritifs et la régulation de la nutrition des plantes [28], [29].

Comparés au rendement du témoin, un accroissement en maïs graines de 480kg/ha; 1050kg/ha, 1340kg/ha; 1360 kg/ha et 1880 kg/ha ont été obtenus avec des doses et types d'engrais testés.

Par ailleurs, les plus grandes quantités de maïs ont été obtenues avec les doses de D12+0 (12000 Kg/ha de bouse de vache) et D0+150 (150 Kg de Triple 17) soit 4870 et 4350 kg/ha respectivement par rapport au témoin non fertilisé qui a obtenu 2990 kg/ha.

L'application du compost a induit un accroissement des rendements en graines de sorgho à cause de la lente libération de ses nutriments aux stades critiques de croissance des plants. L'action complémentaire de l'amendement organique et la fertilisation minérale n'est pas significative sur l'ensemble des paramètres mesurés. Les doses de fumures appliquées n'ont pas influencé les paramètres du rendement, bien que la dose 10 tonnes/ha de poudrette de bouse de vache a occasionné une augmentation du poids des graines de 59% par rapport au témoin [30], [31]. La fertilisation minérale du mil a influencé les paramètres de croissance, de production et la biomasse aérienne des plants. Un apport de 50% d'engrais minéral vulgarisé a favorisé un accroissement de 37% du rendement en graines de mil par rapport au témoin non fertilisé [32].

Dans les systèmes d'exploitation de type culture de céréales qui prédomine en Afrique, la fertilisation minérale seule n'accroît pas le niveau de fertilité des sols [33].

D'autre part, environ la moitié de l'azote synthétique appliqué est perdu par diverses méthodes dans les sols cultivés [34]. Ainsi, une meilleure gestion du taux d'apport d'azote avec une source d'azote appropriée et leurs combinaisons sont la clé pour augmenter l'utilisation de l'azote par les cultures [35].

Quand des engrais minéraux sont mélangés aux matières d'origine organique comme le compost, l'assimilation des éléments nutritifs qu'ils apportent est encore plus favorisée [8], [9], [10]. La fertilisation organo-minérale aurait donc apporté les éléments nutritifs nécessaires au développement et à la production du mil avec des accroissements de ses rendements [36], d'où l'intérêt d'associer les engrais organiques à ceux minéraux, en vue d'augmenter le niveau de fertilité des sols et le rendement des cultures [2], [3], [4], [5].

5 CONCLUSION

La présente étude a fait ressortir les effets de la fertilisation organo-minérale en culture de maïs à l'ISAV de Faranah.

Les résultats ont prouvé qu'au début, la croissance des plants de maïs a été lente, pour toutes les doses de fumure excepté le témoin qui aurait utilisé les réserves du sol.

Pour les autres combinaisons, les paramètres de croissance et de production des plants de maïs, ont été performants au fur et à mesure que les éléments minéraux libérés des engrais incorporés dans le sol sont absorbés par les racines des plantes.

Parmi les formules de fumures, les combinaisons D0 (0 Kg/ha d'engrais) et D8+100 (8000 Kg de bouse de vache +100 Kg de Triple 17), ont fourni des graines de maïs petites et légères qui serait au manque d'éléments fertilisants chez le témoin d'une part et d'autre à leur excès chez D8+100 fournis aux plants de maïs.

Les combinaisons de D12+0 et D0+150 soit 12000 kg de bouse de vache et 150 kg de Triple 17 ont donné les plus gros épis bien remplis, par conséquent les plus grands rendements en maïs grains.

REFERENCES

- [1] Dzotsi, K. Application du modèle CERES-maize de DSSAT à l'analyse de stratégies de semis pour le maïs (*Zea mays* L.) dans les conditions de Sévè-Kpota. Mémoire d'Ingénieur Agronome, *UL-ESA*, Lomé, 2002, 92 p.
- [2] Akanza K.P., Yayo K. A. Fertilisation organo-minérale du manioc (*Manihot esculenta* Crantz) et diagnostic des carences du sol. *Journal of Applied Biosciences*, 2011, 46) 3163– 3172, 10 pages.
- [3] Akanza K. P., Sanogo S., N'Da H. A., (2016). Influence combinée des fumures organique et minérale sur la nutrition et le rendement du maïs: Impact sur le diagnostic des carences du sol. *Tropicultura*. 34 (2) 208- 220.
- [4] Somda B. B., Ouattara B., Serme I., Pouya M. B., Lompo F., Taonda S. J. B., Sedogo P. M. Détermination des doses optimales de fumures organo-minérales en microdose dans la zone soudanosahélienne du Burkina Faso. In: *International Journal of Biological and Chimical Sciences*, 2017, 11 (2), 670-683.
- [5] Zeinabou H., Mahamane S., Bismarck B. N., Bado B.V., Lompo L., Bationo A. Effet de la combinaison des fumures organo minérales et de la rotation niébé-mil sur la nutrition azotée et les rendements du mil au sahel. *International Journal of Biological and Chimical Sciences*, 2014, 8 (4), 1620-1632.
- [6] Bationo A., Mokwunye A. U. Alleviating soil fertility constraints to increased crop production in West Africa: The experience of the Sahel. In: *Alleviating soil fertility constraints to increased crop production in West Africa*. A. Mokwunye (ed). *Kluwer Academic Publishers*, Dordrecht, 1991, 195-215.
- [7] Bado B.V., Sédogo P.M., Cescas M.P., Lompo F., Bationo A. Effet à long terme des fumures sur le sol et les rendements du maïs au Burkina Faso. *Cahiers Agricultures*, 1997, 6 (6), 571-575.
- [8] Hien E. Dynamique du carbone dans un Acrisol ferrique du Centre-Ouest Burkina: Influence des pratiques culturales sur le stock et la qualité de la matière organique. Thèse de doctorat en Sciences des Sols, *Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier*, France, 138 p, 2004.
- [9] Dutordoir C.D. Impact de pratiques de gestion de la fertilité sur les rendements en mil dans le Fakara (Niger). Mémoire de Bio-Ingénieur, Faculté d'ingénierie biologique, agronomique et environnementale, *Université Catholique de Louvain*, p. 33-140, 2006.
- [10] Eftimiadou A., Bilalis D., Karkanis A., Froud W. B. Combined organic/inorganic fertilization enhance soil quality and increased yield, photosynthesis and sustainability of sweet maize crop. *Australian Journal and Crop Sciences*, 2010, 4 (9), 722-729.
- [11] Sawadogo H., Bock L., Lacroix D., Zombré N.P. Restauration des potentialités de sols dégradés à l'aide du zaï et du compost dans le Yatenga (Burkina Faso). *Biotechnologie Agronomy Society Environment*, 2008, 12 (3), 279-290.
- [12] Palé S. Quantitative and qualitative studies on grain sorghum for traditional beer (dolo) production in Burkina Faso. Thesis of PhD in Agronomy. *University of KwaZulu-Natal*, Republic of South Africa, 150 p, 2012.

- [13] Dabré, A., Hien, E., Somé, D., Drevon, J.J. Impacts des pratiques culturales sur la production du sorgho (*Sorghum bicolor* L.) et du niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) et sur le bilan partiel de l'azote sous niébé au Burkina Faso. *International Journal Biological and Chemical Sciences*, 2016, 10 (5), 2215-2230.
- [14] Ahmadi, N., Chantereau, J., Letheve C.H., Marchand J.L., Ouendeba R. Les céréales in: MAE, CIRAD, GRET, Mémento de l'agronome. *Editions du GRETCIRAD*. Pp.777-792, 2006.
- [15] Rabat. Les engrais et leurs applications. *Quatrième édition*. 77 p, 2003.
- [16] Lompo F. Effets induits de la fertilité des sols sur les états du phosphore et la solubilité du phosphate naturel dans deux sols acides du Burkina Faso. Thèse de Docteur d'Etat. *Université de Cocody/l'UFR STRM*.254p, 2009.
- [17] Mokwunye, A. U., A. De Jager, Smaling E. M. A. Restoring and maintaining the productivity of West African soils: Key to sustainable development. Misconception of Fertilizer Studies 14. *International Fertilizer Development Central Africa*, Lomé, Togo, 1996.
- [18] Bekunda, M. A., Bationo A., Sali H. Soil fertility management in Africa: A review of selected research trials, p. 63-79. In: R. 1. Buresh et al. (ed.) Replenishing soil fertility in Africa. *SSSA Special Publication 51*, SSSA, Madison, WI, 1997.
- [19] SENASOL/Guinée. Guide d'analyse de sols, 3^{ème} édition, Conakry, 2012.
- [20] Etter. Engrais organiques: rendement et qualité. *Revue UFA Productions végétales*, 2017a.
- [21] Zheng X., Fan J., Cui J., Wang Y., Zhou J., Ye M., Sun M. Effects of biogas slurry application on peanut yield, soil nutrients, carbon storage, and microbial activity in an Ultisol soil in southern China. *Journal of Soils Sediments*, 2016, 1 (6), 449-460.
- [22] Tripathi B., Tripathi M., James C., Stegen M., Kim Ke D., Jonathan M., Adams Y., Kyung L. Soil pH mediates the balance between stochastic and deterministic assembly of bacteria. *The ISME Journal*, 2018, 1 (2), 1072-1083.
- [23] Savci S. Investigation of effect of chemical fertilizers on environment. *Apcbee Procedia*, 2012b, (1), 287-292.
- [24] Zhu Z., Jin J. Fertilizer use and food security in China. *Plant Nutrition and Fertilizer*. *Science*, 2013, 1 (9), 259-273.
- [25] Asdrubal M., Sylvie D., Charonnat C., Denys F., Fresse J.C., Thomas J. M., *Fertilisation et amendements*. Educagri éditions, 131 pages, 2006.
- [26] Segnou j., Akoa a., Youmbi e., et Njoya j. Effet de la fertilisation minérale et organique sur le rendement en fruits du piment (*capsicum annum* 1.; *solanaceae*) en zone forestière de basse altitude au Cameroun. 10 pages, 2012.
- [27] Majumder B., Mandal B., Bandyopadhyay P., Gangopadhyay A., Mani P., Kundu A., Mazumdar, D. Organic amendments influence soil organic carbon pools and rice-wheat productivity. *Soil science society of America journal*, 2008, 7 (2), 775-785.
- [28] Umesha S., Divya, M., Prasanna, K., Lakshminpathi, R., and Sreeramulu, K. Comparative effect of organics and biofertilizers on growth and yield of maize (*Zea mays*. L). *Current Agriculture Research Journal*, 2014, (2), 55-62.
- [29] Ouédraogo E., Mando A., Zombré N.P. Use of compost to improve soil properties and crop productivity under low input agricultural system in west Africa. *AgricultureEcosystems and Environment*, 2001, 8 (4), 259-266.
- [30] Ouédraogo E., Mando A., Brussaard L., Stroosnijder L., (2007). Tillage and fertility management effects on soil organic matter and sorghum yield in semi-arid West Africa. *Soil and Tillage Research*, 2007, 9 (4), 64-74.
- [31] Fatondji D., Martius C., Vlek P. Zaï - A traditional technique for land rehabilitation in Niger. *ZEF news*, 2001, (8) 1-2.
- [32] Palé, S., Mason, S. C., Taonda, S.J.B. Water and fertilizer influence on yield of grain sorghum varieties produced in Burkina Faso. *South African Journal Plant Soil*, 2009, 26 (2): 91- 97.
- [33] Ndiaye A, Ndiaye O, Bamba B, Guèye M, Sawané O. Effets de la fertilisation organo- minérale sur la croissance et le rendement du « mil sanio » (*Pennisetum glaucum* L. R. Br) en Haute Casamance (Sénégal) *European Scientific Journal*, 2019, 15 (33) 1857-7881.
- [34] Anonyme, 2003, Gestion de la fertilité des sols pour la sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne, *Publication FAO*, No 25, Rome. 63, 2003.
- [35] Gheysari M., Mirlatifi S. M., Homaee M., Asadi, M. E., Hoogenboom, G. Nitrate leaching in a silage maize field under different irrigation and nitrogen fertilizer rates. *Agricultural water management*, 2009, 9 (6), 946-954.
- [36] Chandna, P., Khurana, M., Ladha, J. K., Punia, M., Mehla, R., and Gupta, R. (2011). Spatial and seasonal distribution of nitrate-N in groundwater beneath the rice-wheat cropping system of India: a geospatial analysis. *Environmental monitoring and assessment*, 2011, 1 (78), 545-562.
- [37] Siébou P. S., Barro A, Koumbem M, Sere A, Traore H. 2021. Effets du travail du sol et de la fertilisation organo-minérale sur les rendements du mil en zone soudano-sahélienne du Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 2021, 15 (2): 497-510.

Croissance, rendement carcasse et 5ème quartier des métis Brune des Alpes comparé à la race locale Azawak au Niger

[Growth, carcass yield and 5th quarter of mixed breeds Brune des Alpes compared with the local Azawak breed in Niger]

HALIDOU MAIGA Nafissatour¹, ABDOU MOUSSA Mahaman Maaouia¹, MARICHATOU HAMANI¹, and ISSA Moumouni²

¹Department Animales Productions, Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger

²Department Biologie, Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger

Copyright © 2025 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: Niger's local breeds have low production parameters. The Azawak breed was selected for genetic improvement at the Toukounous station. Research has introduced crossbreeding through artificial insemination, importing semen from the Brune des Alpes bull to improve the breed's performance. The study involved 75 crossbreds and 13 Azawak males. The aim was to determine the weights (at birth, typical age and live weights) and the weights of the different parts of the animal's 5th quarter, as well as the carcass yield of the males (crossbred and Azawak). Birth weights for crossbreds and Azawak were 29.82 ± 4.76kg and 22.78 ± 1.78kg respectively. Live weight was 459.25 ± 92.74kg for Azawak and 591.09 ± 55.59kg for crossbreds. Carcass yields were 46.72% and 47.82% respectively for crossbreds aged 2 to 3 years and Azawaks aged 5 to 9 years. All this shows that crossbreeding gives a better vision to be continued to see the performances since this study is only one part of the research to draw the final conclusion on crossbreeding in Niger.

KEYWORDS: 5th quarter, red meat, crossbred, Azawak, carcass yield, slaughterhouse.

RESUME: Les races locales du Niger ont des paramètres de productions peu performants. La race Azawak a été sélectionnée pour l'amélioration génétique à la station de Toukounous. La recherche a introduit le croisement à travers l'insémination artificielle en important la semence du taureau de la Brune des Alpes afin d'accroître les performances de cette race. L'étude a porté sur 75 croisés et 13 Azawak mâles. Le but est de déterminer les poids (à la naissance, à l'âge type et vifs) et les poids des différentes parties du 5ème quartier de l'animal ainsi que le rendement carcasse des mâles (croisés et Azawak). Le poids à la naissance des croisés et Azawak est respectivement de 29,82 ± 4,76kg et 22,78 ± 1,78 kg. Le poids vif est de 459,25 ± 92,74kg chez les Azawak et 591,09 ± 55,59kg chez les croisés. Le rendement carcasse est respectivement de 46,72% et 47,82% chez les croisés âgés de 2 à 3 ans et Azawak âgés de 5 à 9 ans. Tout ceci démontre que le croisement opéré donne une meilleure vision à continuer pour voir les performances puisque cette étude n'est qu'une partie de la recherche pour en tirer la conclusion finale sur le croisement au Niger.

MOTS-CLEFS: 5ème quartier, Viande rouge, croisés, Azawak, Rendement carcasse, Abattoir.

1 INTRODUCTION

Le Niger est composé de plusieurs zones aux paysages très variés depuis les zones arides au Nord jusqu'à la zone soudanienne au Sud. Entre ces zones se trouve la zone sahélienne qui abrite la majorité de la population du Niger [13]. C'est

un pays à vocation agropastorale où l'élevage joue un rôle socio-économique fondamental. Il contribue à environ 11% du PIB national, à 24% au PIB agricole et 15% au budget des ménages [12].

Il dispose d'un cheptel important estimé à 48 460 804 têtes (19 millions d'UBT), toutes espèces confondues, soit une valeur ajoutée de 3911,1 milliards de FCFA [12]. Le cheptel bovin est constitué de 5 races dont entre autres une race taurine Kouri et quatre races zébus (M'bororo, Azawak, Goudhali et Djelli) ([1]; [8]).

La croissance démographique et l'urbanisation ont entraîné une forte demande en lait et en viande. Pour relever le défi de cette satisfaction des besoins par la production nationale, il s'avère nécessaire de poursuivre les efforts d'amélioration des productions en accord avec les contextes agroécologiques et socio-économiques. Un tel progrès nécessitera sur de long terme une amélioration génétique des races locales [10].

Parmi les races nigériennes, le zébu Azawak est la meilleure en termes de performance des paramètres de reproduction et de production laitière. Elle a bénéficié d'un important travail de sélection pour la production laitière, mené depuis 1954 au sein de la station expérimentale de Toukounous [14]; [4]. Elle présente de très bonnes aptitudes laitières (7 litres de lait en moyenne avec des pics de 10 à 15 litres, soit 1400kg en 305 jours) et bouchères (rendement carcasse de 52%) [11]. C'est ainsi que des chercheurs en collaboration avec le ministère de l'élevage ont opté pour un croisement avec les races étrangères pour améliorer les paramètres de reproduction, de production laitière et de viande pour pallier à la forte demande des produits animales (lait, viande et cuirs). Ainsi, des mises-bas sont enregistrées depuis 2010 [8]. C'est dans cette logique, que le présent travail a pour but d'évaluer les caractéristiques de productions de viandes des bovins métissés Brunes des Alpes-Azawak.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 MATÉRIEL

2.1.1 ZONE D'ÉTUDE

L'étude s'est déroulée sur deux sites à savoir la station de Toukounous où les animaux sont élevés et à l'abattoir de Niamey pour l'abattage. La station de Toukounous est située à 200km au nord de Niamey entre 14°31' de latitude Nord et 3°18' de longitude Ouest. L'Abattoir Frigorifique de Niamey quant à elle est situé dans la zone industrielle de Gamkalley [1]; [2] au bord du fleuve Niger à 185m d'altitude entre 13°24' de latitude Nord et 2°07' de longitude Est.

2.1.2 MATÉRIEL ANIMAL ET TECHNIQUE

Le matériel animal (tableau 1) nous rapporte les effectifs des animaux utilisés pour l'étude. Par ailleurs, des cordes pour attacher l'animal; un couloir de contention permettant de rassembler tous les animaux pour les pesés; des balances pèsent bétails qui permettent de déterminer le poids vif des animaux à la naissance et à âges types; une bascule qui se trouve au niveau du poste de peser de l'abattoir frigorifique de Niamey et sert à la pesée des carcasses (des gros ruminants) et un peson servant à peser les différents éléments du cinquième quartier ont servis comme des matériel techniques.

Tableau 1. *Effectifs des animaux utilisés à la station de Toukounous*

% De sang	100%	75%	50%	25%	Total
Azawak	13	-	-	-	13
Brune des alpes-Azawak	-	15	54	17	75
Total	13	15	54	17	88

Il ressort de ce tableau 88 animaux ont été utilisés pour obtenir les résultats ci-dessous. Ainsi, parmi les 88 animaux élevés à la station de Toukounous, 11 croisés Brune des Alpes-Azawak et 4 Azawak ont été transportés à l'abattoir de Niamey pour l'obtention des certaines données (rendement carcasse, poids des différentes parties de l'animal).

2.2 MÉTHODES

Pour aboutir aux résultats de cette étude, plusieurs méthodes ont été utilisées.

2.2.1 ECHANTILLON D'ANIMAUX UTILISÉS À LA STATION DE TOUKOUNOUS ET À L'ABATTOIR

Cette présente étude est basée sur un échantillon de 88 animaux mâles élevés à la station de Toukounous. Parmi ces 88 animaux, 11 croisés Brune des Alpes-Azawak et 4 Azawak sont utilisés au niveau de l'abattoir. 73 animaux au niveau de la station de toukounous ont été utilisés pour déterminer le poids à la naissance et le poids à âge types.

2.2.2 COLLECTE DES DONNÉES.

Les données ont été collectées chez les animaux par la pesée à l'aide de la balance pèse-bétail pour déterminer le poids vif, poids carcasse de l'animal avant et après abattage et les calculs des différentes parties de l'animal abattu.

2.2.3 PESÉES

- Pesée des bovins avant abattage permet de déterminer le poids vif des bovins.
- Pesée des carcasses bovines après abattage consiste à déterminer le poids carcasse bovine. Elle est accrochée à la raille puis glisser jusqu'au niveau du poste de pesée de l'abattoir et le poids de celle-ci s'affiche sur la bascule.
- Pesée des viscères après abattage permet de déterminer le poids de l'ensemble des contenus thoraciques et abdominaux.
- Pesée de la tête bovine après abattage permet de déterminer le poids de la tête ayant ses cornes et sa langue.
- Pesée des pattes après abattage consiste à déterminer le poids des pattes pesée avec leurs sabots.
- Pesée du cuir après abattage permet de déterminer le poids du cuir pesé seul.

2.2.4 TRAITEMENT DES DONNÉES

Les données collectées ont été analysées et traitées sur le logiciel EXCEL et XLSTAT. Les calculs des moyennes, des variances; des écart-type et le test de normalité ont été faits par les mêmes logiciels.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 POIDS À LA NAISSANCE DES AZAWAK ET DES CROISES BRUNES DES ALPES-AZAWAK

Le tableau 2 nous présente les différents poids à la naissance des Azawak et des brunes des Alpes-Azawak.

Tableau 2. *Poids à la naissance des Azawak et des Brunes des Alpes-Azawak*

Variables	Poids à la naissance	
	Azawak N = 13	Brune des Alpes-Azawak N = 75
Moyenne	22,78	29,82
Ecart-type	1,78	4,76
Maximum	26,00	37,00
Minimum	21,00	21,00
Variance	3,16	22,69

Il ressort de ce travail que le poids moyen des veaux croisés à la naissance est de $29,82 \pm 4,76$ kg et $22,78 \pm 1,78$ kg chez les Azawak. Ainsi, le poids à la naissance des croisés Brune des Alpes-Azawak sont supérieurs à ceux des Azawak.

3.2 COMPARAISON DES POIDS MOYENS À LA NAISSANCE DES VEAUX CROISES ET DES VEAUX AZAWAK

Le tableau 3 ci-dessous nous présente le poids moyen à la naissance des veaux croisés et des veaux Azawak.

Tableau 3. Poids moyens à la naissance des veaux croisés et des veaux Azawak

Variables	Poids des veaux croisés (kg)	Poids des veaux Azawak (kg)
Maximum	37	26
Minimum	21	21
Moyenne	29,82 ^a	22,78 ^b
Variance	22,7	3,16
Ecart- type	4,76	1,78

Les lettres a et b sur la même ligne indique une différence significative au seuil de 0,05%.

3.3 POIDS MOYENS À ÂGE TYPE

3.3.1 POIDS MOYENS À ÂGE TYPE DES VEAUX AZAWAK

Le tableau 4 ci-dessous nous présente les poids moyens à âge type des veaux Azawak en kg.

Tableau 4. Poids moyens à âge type des veaux Azawak (Kg)

Variables	PN	3M	6M	9M	12M	15M	18M	21M
Moyenne A	22,78	63,28	107,31	152,46	203,46	208,25	230,00	268,67
Ecart-type A	1,78	12,55	23,86	18,51	21,44	16,94	9,70	33,38
Moyenne BA-A	30,03	68,80	121,88	211,06	253,11	280,44	296,78	385,33
Ecart-type BA-A	3,02	8,79	16,72	22,29	24,39	29,30	40,65	32,90

Légende: PN: Poids à la Naissance; M: mois; A: Azawak et BA-A: Brune des Alpes-Azawak.

Il ressort de ce tableau que le poids moyen augmente en fonction de l'âge de l'animal. Ainsi, le poids moyen à la naissance des veaux Azawak est de $22,78 \pm 1,78$ kg qui augmente jusqu'à $366,33 \pm 53,41$ kg à 24 mois.

3.3.2 COMPARAISON DES POIDS MOYENS VIFS DES CROISES MALES ET DES MALES AZAWAK

Tableau 5 suivant nous présente les poids moyens vifs des mâles Azawak et des croisés mâles.

Tableau 5. Comparaison des poids moyens vifs des croisés mâles et des mâles Azawak

Variables	Poids vif des mâles croisés (kg)	Poids vif des mâles Azawak (kg)
Maximum	710	559
Minimum	510	373
Moyenne	591,09 ^a	459,25 ^b
Variance	3086,69	8600,25
Ecart-type	55,56	92,74

Les lettres a et b sur la même ligne nous indique une différence significative au seuil de 0,05%.

3.4 OPERATION D'ABATTAGE ET OBTENTION DE LA CARCASSE À L'AFN

À l'AFN, l'abattage des animaux se fait selon le rite musulman. L'animal doit être positionné en direction de la Kaaba, suivi de la formule en arabe Bismillah (au nom de Dieu). L'abattage débute juste après la stabulation par la saignée puis par l'habillage qui se fait en des phases:

- Dépouillement de l'animal qui consiste à enlever la peau de l'animal.
- Et l'éviscération qui consiste à enlever les viscères thoraciques et abdominaux, sauf les reins, la queue et la mamelle restent adhérent à la carcasse avec laquelle elle est pesée et inspectée.

3.4.1 COMPARAISON DES POIDS CARCASSES DES CROISES MALES ET DES MALES AZAWAK

Le tableau 6 suivant nous présente les poids des carcasses des croisés mâles et des mâles Azawak.

Tableau 6. *Comparaison des poids des carcasses des mâles Azawak et des croisés mâles*

Variables	Poids carcasses des croisés mâles (kg) N = 11	Poids carcasses des mâles Azawak (kg) N = 4
Maximum	342	267
Minimum	232	177
Moyenne	275,73 ^a	220 ^b
Variance	904,82	2318
Ecart type	30,08	48,15

Les lettres a et b sur la même ligne nous indique une différence significative au seuil de 0,05%.

3.4.2 COMPARAISON DES POIDS VIFS ET POIDS CARCASSE DES CROISES MALES ET DES MALES AZAWAK

La figure 1 suivante nous présente les poids moyen vifs et les poids moyen carcasses de tous les croisés mâles et de tous les mâles Azawak. Ainsi, le croisé a le plus grand poids vif et poids carcasse et le plus petit poids vif et poids carcasse s'observe chez les Azawak.

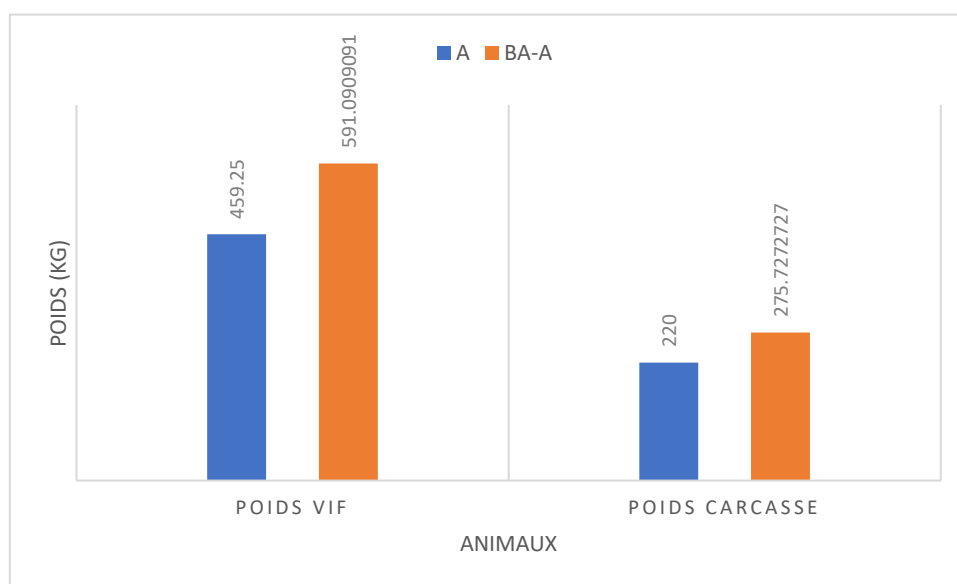


Fig. 1. *Comparaison des poids vifs et poids carcasses des croisés mâles et des mâles Azawak*

Légende: A: Azawak; BA-A: Brune des Alpes-Azawak.

3.4.3 RENDEMENT CARCASSE (%)

3.4.3.1 TEST DE PROBABILITE DE RENDEMENT CARCASSE DES CROISES ET AZAWAK

La figure 3 ci-après nous rapporte la probabilité de rendement carcasse chez les croisés et les Azawak avec respectivement 0,085 et 0,164. Cela veut dire que chez les croisés et les Azawak il n'y a pas de différence significative. Il faut noter ici que les animaux croisés Brune des Alpes-Azawak ont un âge compris entre 2 à 3 ans alors que les Azawak sont à 8 ans.

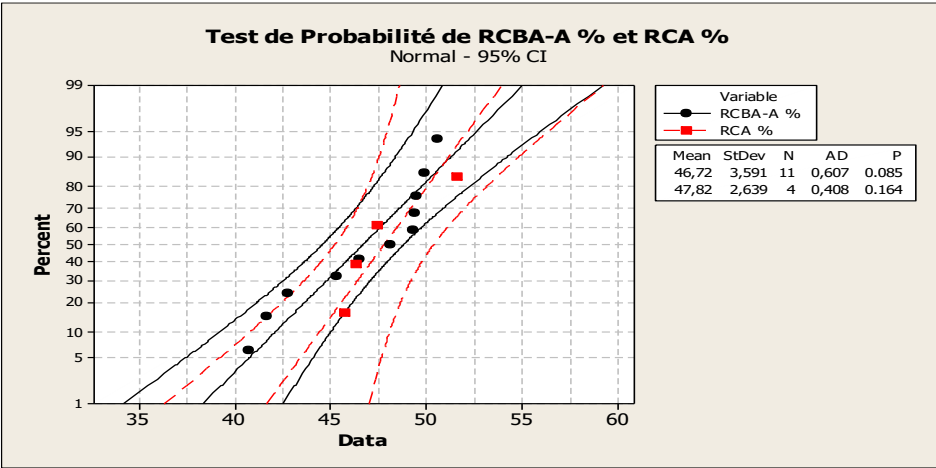


Fig. 2. Test de probabilité de rendement carcasse

3.4.3.2 COMPARAISON DES RENDEMENTS CARCASSE DES CROISES ET AZAWAK

Le tableau 7 suivant nous présente le rendement moyen des croisés et Azawak.

Tableau 7. Comparaison des rendements moyens carcasses des croisés et Azawak

Variable	Rendement moyens carcasses des croisés mâles (%)	Rendement moyens carcasses des mâles Azawak (%)
Maximum	50,64	51,64
Minimum	40,70	45,80
Moyenne	46,72*	47,82*
Variance	0,04	0,03
Ecart-type	0,001	0,001

Il ressort de ce tableau que la moyenne de rendement carcasse des croisés et Azawak est presque la même donc il n’y a pas de différence significative.

3.4.3.3 COMPARAISON DES POIDS MOYENS DU CINQUIEME QUARTIER

3.4.3.3.1 COMPARAISON DES POIDS MOYENS DES VISCERES

Le tableau 8 suivant nous présente les poids moyens des viscères des croisés mâles et des mâles Azawak.

Tableau 8. Comparaison des poids moyens des viscères

Variable	Poids moyens des viscères des croisés mâles (kg)	Poids moyens des viscères des mâles Azawak (kg)
Maximum	44,5	42,5
Minimum	32,5	30
Moyenne	39,18 ^a	33,63 ^b
Variance	12,31	35,40
Ecart-type	3,51	5,95

Les lettres a et b sur la même ligne nous indique une différence significative au seuil de 0,05%.

3.4.3.3.2 COMPARAISON DES POIDS MOYENS DES TÊTES DES CROISÉS ET AZAWAK

Le tableau 9 suivant nous présente les poids moyens des têtes des croisés et Azawak.

Tableau 9. *Comparaison des poids moyens des têtes des mâles croisés et des mâles Azawak*

Variable	Poids moyens des têtes des croisés mâles en (kg)	Poids moyens des têtes des mâles Azawak en (kg)
Maximum	31,5	27
Minimum	26	20
Moyenne	28,00 ^a	24,13 ^b
Variance	2,70	12,06
Ecart-type	1,64	3,47

Les lettres a et b sur la même ligne nous indique une différence significative au seuil de 0,05%.

3.4.3.3.3 COMPARAISON DES POIDS MOYENS DES PATTES DES CROISÉS MALES ET DES MALES AZAWAK

Le tableau 10 suivant nous présente les poids moyens des pattes des croisés mâles et des mâles Azawak.

Tableau 10. *Comparaison des poids moyens des pattes des croisés mâles et des mâles Azawak*

Variable	Poids moyens des pattes des croisés mâles (kg)	Poids moyens des pattes des mâles Azawak (kg)
Maximum	13	9,5
Minimum	10	8
Moyenne	11,73 ^a	8,63 ^b
Variance	0,82	0,56
Ecart-type	0,90	0,75

Les lettres a et b sur la même ligne nous indique une différence significative au seuil de 0,05%.

3.4.3.3.4 COMPARAISON DES POIDS MOYENS DU CUIR DES CROISÉS MALES ET DES MALES AZAWAK

Le tableau 11 suivant nous présente les poids moyens du cuir des croisés mâles et des mâles Azawak.

Tableau 11. *Comparaison des poids moyens du cuir des croisés mâles et des mâles Azawak*

Variable	Poids moyens du cuir des croisés mâles en (kg)	Poids moyens du cuir des mâles Azawak en (kg)
Maximum	49	47,5
Minimum	34	29
Moyenne	41,00 ^a	35,88 ^b
Variance	18,85	68,73
Ecart-type	4,34	8,29

Les lettres a et b sur la même ligne nous indique une différence significative au seuil de 0,05%.

4 DISCUSSION

Au cours de cette étude, il a été déterminé les poids moyens à la naissance des veaux Azawak et des veaux croisés. Des comparaisons ont été faites entre ces deux races à la naissance. Ainsi, les Azawak ont un poids moyen de $22,78 \pm 1,78\text{kg}$ à la naissance, alors que les croisés ont un poids moyen de $29,82 \pm 4,76\text{kg}$ à la naissance, qui sont significativement plus lourds par

rapport aux Azawak. Cela s'explique par l'effet individuel lié au père des veaux. Ainsi, les résultats pour les croisés sont supérieurs à celui de [3] qui est 24,1kg des brunes des Alpes-N 'Dama, alors que ceux des Azawak sont inférieurs.

En effet, les poids moyens à âges types montrent une croissance plus accélérée chez les croisés que chez les Azawak. On pourrait penser que cette accélération de croissance est due au métissage de l'animal. Par ailleurs, la comparaison des poids moyens vifs entre les deux races montre que les sujets croisés sont significativement plus lourds que les Azawak, ayant des poids moyens vifs respectifs $591,09 \pm 55,59\text{kg}$ et $459,25 \pm 92,74\text{kg}$. Les animaux de même âge à l'abattage ont des poids moyens vifs qui diffèrent en fonction de la race. Ces résultats sont supérieurs à ceux de [10] qui est de 350-450kg chez les croisés bruns des alpes-gobra trouvé au Sénégal, aussi les résultats trouvés chez les croisés sont supérieurs à celui trouvé par [3] au Guinée qui est de 475kg.

S'agissant du poids moyen de la carcasse, les Azawak ont un poids carcasse de $220 \pm 48,15\text{kg}$, ce résultat est inférieur à celui des croisés ($275,73 \pm 30,08\text{kg}$). Par ailleurs, ces résultats sont supérieurs à celui trouvé par [16] qui est $141,35 \pm 34,85\text{kg}$ en 2018 chez les bovins abattus à l'abattoir de Niamey et de [15] à l'abattoir de Bamako qui est de $146,05 \pm 29,20\text{kg}$.

Les viscères des Azawak ont un poids moyen de $33,63 \pm 5,95\text{kg}$ qui diffère aux poids de viscères des croisés ($39,18 \pm 3,51\text{kg}$).

Le poids moyen de la tête des Azawak est de $24,13 \pm 3,47\text{kg}$ inférieur à celui du sujet croisé qui est de $28,00 \pm 1,64\text{kg}$ et aussi à celui de [16] qui a trouvé $12,85 \pm 4,62\text{kg}$.

Pour le poids moyen des pattes, nous avons pour les croisés $11,73 \pm 0,90\text{kg}$ qui diffère de celui des Azawak qui est de $8,63 \pm 0,75\text{kg}$ qui sont supérieurs à ceux de [16] à l'abattoir de Niamey et de [5] trouvé à Bamako en 2007 respectivement de $5,5 \pm 1,30\text{kg}$ et $6,5325 \pm 1,197\text{kg}$. Cette grande différence est due à la conformation des animaux.

Le cuir du sujet croisé a un poids moyen de $41,00 \pm 4,34\text{kg}$ qui est significativement plus lourd que le cuir des Azawak qui est $35,88 \pm 8,29\text{kg}$, supérieur à celui trouvé par [15] à Bamako qui est de $14,6 \pm 9,345\text{kg}$. Cela s'explique par le poids moyen vifs des animaux.

5 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Cette étude révèle que les moyennes et les écart-types des carcasses, des viscères, des pattes, des têtes et des cuirs des croisés sont supérieurs à ceux de leurs pères Azawak purs.

En effet, les résultats obtenus au cours de cette étude montrent que le rendement carcasse reste certes encore inférieur à ceux que l'on espérait obtenir des taureaux Brune des Alpes dans leur milieu d'origine, mais la vigueur hybride y est là car l'avantage d'un croisement est d'avoir un métis qui est supérieur et qui a des qualités semblables à l'un des deux parents (cas de l'étude). Cela montre que la forte capacité de production de viande du taureau Brune se transmet très rapidement par le croisement, et donne un avantage pour le choix de la race pour améliorer la production de viande des taureaux qui produisent moins de viande.

A l'issu de ce travail, nous pouvons dire que la production de viande de la race Azawak est améliorée par le croisement de la Brune des Alpes à la station de Toukounous malgré que les animaux ne soient pas dans les conditions favorables.

REFERENCES

- [1] Abattoir, 2017. Rapport annuelle d'activité, 28p.
- [2] Achard F. et Chonono M.; 1997. Mortalité et performances de reproduction chez le zébu Azawak à la station de Toukounous; Niger (1986-1992); revue Elev. Med. Vét. Pays top; 1997; Ressources Animales; 50 (4); 325-333p.
- [3] Bouyer B. 2006. Thèse pour le grade de Docteur vétérinaire. Thème: Bilan et Analyse de l'utilisation de l'insémination artificielle dans les programmes d'amélioration génétique des races laitières en Afrique Soudano-Sahélienne. École Nationale Vétérinaire de Lyon, Université Claude-Bernard-lyon1; 118p.
- [4] Chitou Sanda Maman Hamissou., 2018. Étude de la productivité pondérale des animaux abattus à l'abattoir de Maradi. Licence Agronomie général, FA/UAM, 39p.
- [5] Christian Meyer, 1998. La reproduction des bovins en zone tropicale. Cours de DESS production animal en région chaude, 16p.
- [6] Daniel Babo; 1998. Races bovines françaises; Edition France Agricole; 180p.
- [7] Dominique Soltner.1994, Alimentation des animaux domestiques: La pratique du rationnement des bovins, ovins, porcs, sainte-Gemme-sur loive: science et technique-agricole, Pa ill., tomell, 240p.

- [8] Halidou Maïga Nafissatour, 2014. Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de licence générale ès-sciences agronomiques; Thème: Croissance et précocité des jeunes bovins métis Brune des Alpes-Azawak et Azawak purs, 37p.
- [9] Issa M., Semita C., Marichatou H., Nervo T., Yénikoye A., Cristofori F., Trucchi G. Comparative Study of Two Methods of Induction of estrus and fertility Following Artificial insemination in Azawak zebu in Niger. *J. Life Sci.*, 2013, 5, 527-531.
- [10] Leroy G., Baumung R., Boettcher P., Scherf B., Hoffmann I. Review: sustainability of crossbreeding in developing countries; definitely not like crossing a meadow. *Animal*, 2016, 10, 262-273p.
- [11] Marichatou Hamani, Moumouni Issa, Carlo Sémita, Tiziana Nervo, Cristofori Francesco, Gabriella Trucchi, Quaranta Giuseppe, Yénikoye Alhassane; 2009. *Annales de l'université Abdou Moumouni de Niamey: Gestion de l'environnement, production et commercialisation des ressources alimentaires, renforcement des capacités humaines dans la lutte contre la pauvreté au Sahel*; 95-102p.
- [12] Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage., 2018. République du Niger. Direction des statistiques: les statistiques du secteur de l'élevage. Rapport annuel. -36p.
- [13] MRA, 2004. Etat des ressources génétiques dans le monde. Rapport national du Niger. Ministère des Ressources Animales: Niamey-Niger, 106p.
- [14] Naroua M., Marichatou H., Vias-Frank G., Faye B., 2004. Croissance des veaux Azawak en milieu villageois du Niger. *RASPA*, 2004, 2, 166-169.
- [15] Samuel Berenger Zcombo Fouelefak., 2007. Contribution à l'étude du cinquième quartier des bovins à l'abattoir frigorifique de Bamako. Thèse de Doctorat: université de Dakar, Sénégal, 102p.
- [16] Wanke Barmou Baraatou, 2019. Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de licence générale ès-sciences agronomiques; Thème: Traitement du cinquième quartier des bovins à l'Abattoir Frigorifique de Niamey, 54p.

The Evolution of Cryptocurrency: From Bitcoin to Advanced Blockchain Solutions

Ayushi Gupta and Anamika Gupta

Shaheed Sukhdev College of Business Studies, University of Delhi, Delhi, India

Copyright © 2025 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: Cryptocurrencies have gained extreme popularity in recent years. With the advent of Blockchain technology and Smart Contracts, the need for third parties or intermediaries for regulation and management has been eliminated. This has resulted in the growing adoption of digital currency and decentralized applications based on them. This article talks about the evolution of cryptocurrency and its advancements since the idea was introduced in 1983 by David Chaum. It also states about the cryptographic principles, several layers in the Blockchain technology, the smart contracts written in Solidity on Ethereum platform, and Decentralized Applications based on them. Some of the popular cryptocurrencies including Bitcoin and other Alternate Coins are also mentioned. However, there exist several legal and regulatory issues which are associated with the use of cryptocurrencies. These issues must be taken care of before moving towards the complete acceptance of these digital currencies. Hence, such issues are also highlighted in this study. Further, cryptocurrencies have found many applications including cross-border transactions, decentralized financial systems, and supply chain tracking, which are also discussed. Finally, the history and current status of cryptocurrency in India has been explored and the platforms where investors can buy and sell them are mentioned. This paper will serve as a guide for understanding the key concept of cryptocurrency, while also highlighting its practical applications. Further, the research community can study user behaviour and market ecosystems in different cryptocurrency platforms.

KEYWORDS: Cryptocurrency, Blockchain Technology, Bitcoin, Smart Contracts, DApps.

1 INTRODUCTION

Currency is one of the most important inventions of homosapiens which has served as the basis for all economic exchange from the beginning of trade. Originally emerging as a system of barter, it has evolved into an extraordinary electronic currency called cryptocurrency. This journey began with early attempts at digital currencies, like David Chaum's eCash in the 1990s [1], which laid the groundwork for future development. The introduction of Bitcoin by the pseudonymous Satoshi Nakamoto, revolutionized the concept with its decentralized peer-to-peer network and a fixed supply of 21 million coins [2]. Since Bitcoin's inception, the cryptocurrency market has seen extensive growth, with numerous cryptocurrencies now offering unique features and use cases. The technology behind these cryptocurrencies, particularly blockchain, holds significant potential to disrupt many other industries apart from the monetary market. As cryptocurrencies become more widely accepted, both by the public and institutional investors, the market is likely to experience significant growth and development. Major financial institutions, including banks and investment firms, are beginning to recognize cryptocurrencies as legitimate assets [3]. Beyond investment and payment methods, cryptocurrencies are being utilized in various industries, from entertainment to healthcare. The expanding number of use cases is likely to attract more users, further driving market growth.

1.1 WHAT IS CRYPTOCURRENCY?

Cryptocurrency is a form of digital or virtual currency that relies on cryptography to ensure security [4]. Unlike traditional currencies issued by governments and central banks, cryptocurrencies operate on a decentralized system powered by blockchain technology. Fig. 1 illustrates the architectures of both centralized and decentralized systems. In the centralized architecture, a central authority manages data or money exchange, whereas in decentralized systems, all nodes function as

peers. This decentralized nature means that no single entity has control over the entire network, making cryptocurrencies theoretically immune to government interference or manipulation.

In traditional systems, a central authority provides authorization and trust for transactions. However, this leads to delays and the transactions become highly traceable. On the other hand, cryptocurrencies are based on a decentralized network for processing transactions, which leads to faster exchanges and maintains privacy [5].

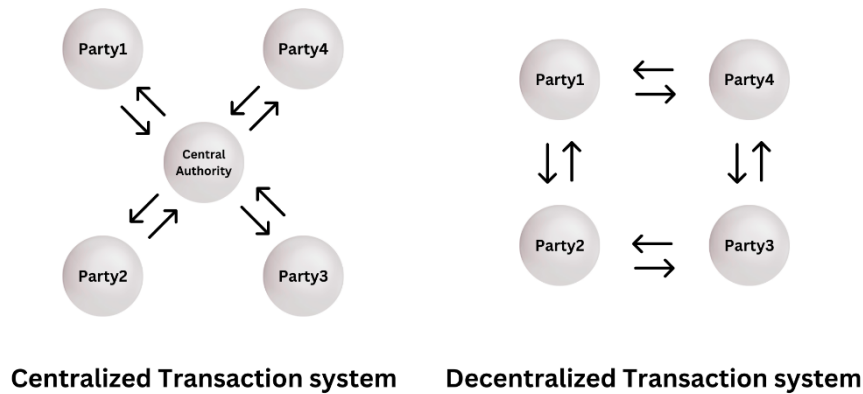


Fig. 1. Network Architectures

1.2 CRYPTOGRAPHY AND SECURITY

The term "crypto" is derived from the ancient Greek word "kryptos", which means "hidden" or "secret". Cryptography is the field that uses secure methods to share information so that only authorized users can access it and interception by third parties can be prevented [4]. The message to be transmitted, referred to as plaintext, is encoded or encrypted using a secret key to produce an encoded message, known as ciphertext. Upon receipt, the ciphertext is decrypted—either with the same key or a different one—to reveal the original plaintext. Fig. 2 illustrates the concept of cryptography.

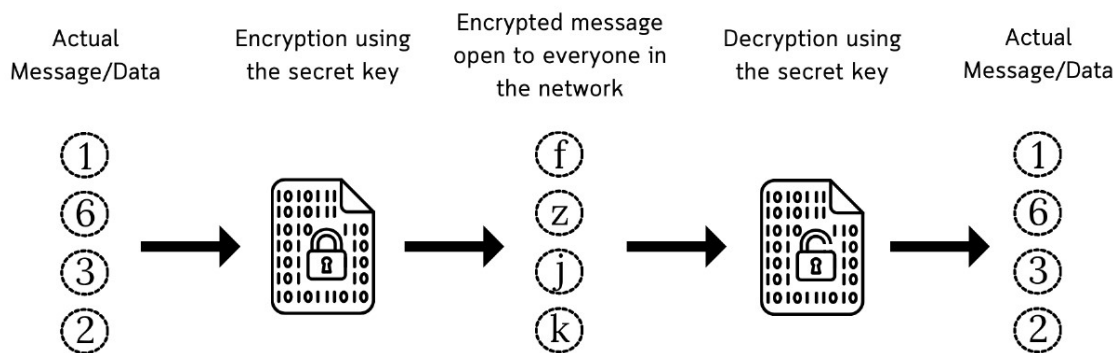


Fig. 2. The Process of Cryptography

In the context of blockchain and cryptocurrencies, cryptographic techniques serve two primary functions: securing transactions and controlling the creation of new coins. Every transaction within a cryptocurrency network is protected using cryptographic algorithms that ensure the authenticity and integrity of the data. In these transactions, there are two important components: public and private keys. The public key is like an address that can be shared openly with others to receive funds, similar to sharing an email address. The private key grants the owner the authority to authorize transactions. The private key must be kept secret because anyone with access to it can control the associated funds. A new transaction is signed with the sender's private key, creating a digital signature, which can be verified by anyone using the corresponding public key. This

assurance makes cryptocurrencies secure and trustworthy. The most commonly used algorithm in blockchain technology is SHA-256 which stands for Secure Hash Algorithm, employing a 256 bit code to encrypt the message [6].

1.3 BLOCKCHAIN TECHNOLOGY

Most cryptocurrencies rely on blockchain technology, which is a shared digital ledger where every transaction is recorded across a decentralized network of computers i.e., each participant maintains a copy of the ledger [7]. Whenever a new transaction occurs, it is added to everyone's ledger, and each block in the chain holds multiple transactions. Fig. 3 shows a blockchain prototype highlighting the contents of a block. Each block in the blockchain acts as a container for transaction details and consists of three key elements: transactional data representing the actual details of the transactions, a unique hash value computed using cryptographic methods on the entire block contents, and the hash value of the preceding block, which links each block to the one before it. Apart from these, each block contains a block number, indicating its position in the chain, a timestamp value, and a nonce value that can be adjusted to generate a hash that meets the network's difficulty target. This nonce value is crucial for the process of mining and validating new blocks.

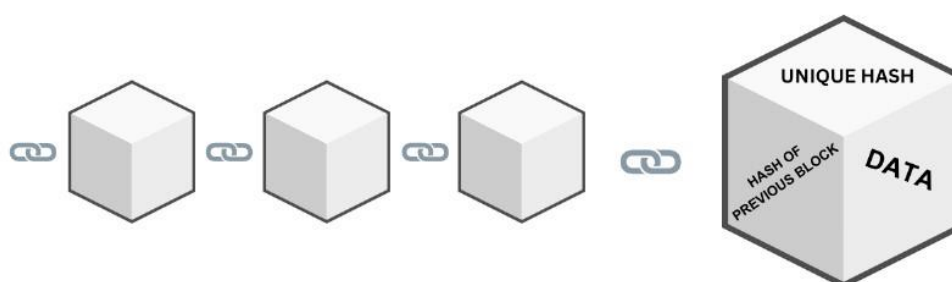


Fig. 3. Blockchain Prototype

Blockchain architecture is typically organized into multiple layers, each with a specific function that contributes to the overall operation of the blockchain system [8]. Fig. 4 shows the several blockchain layers, which are also explained next.

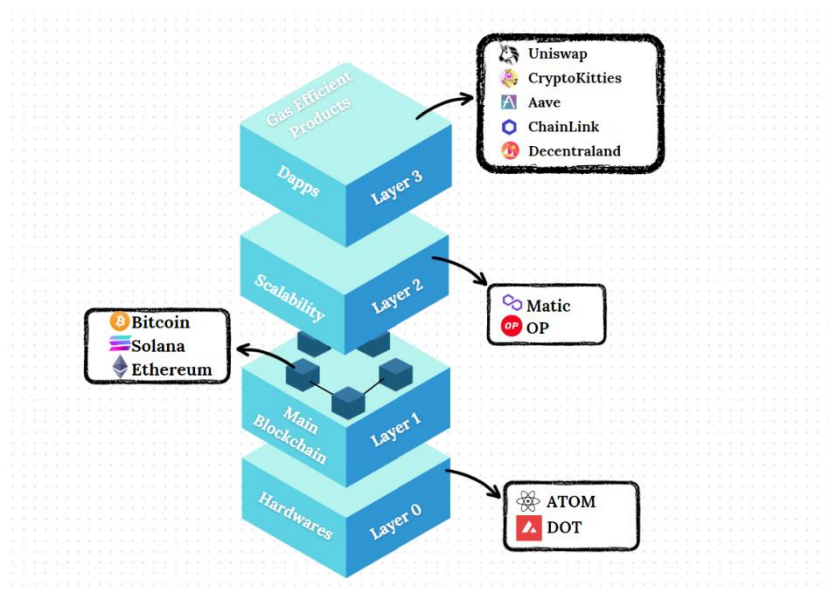


Fig. 4. Layers Representation

- **Layer 0 (Infrastructure Layer):** This layer forms the foundation of the blockchain infrastructure, encompassing the underlying hardware, data transmission protocols, and topology of the network. It facilitates peer-to-peer communication.
- **Layer 1 (Consensus Layer):** This layer is responsible for managing the consensus mechanism which defines the agreement on whether a transaction is valid or not across the network. It comprises protocols like Proof of Work (PoW) and Proof of Stake (PoS), to ensure agreement among network participants and securing the blockchain.
- **Layer 2 (Data Layer):** This layer manages and stores all the historical transaction data as well as the current state of the distributed ledger on the blockchain network.
- **Layer 3 (Application Layer):** This layer provides direct interaction with the end-users through user interfaces. It comprises Decentralized applications (DApps) and smart contracts. DApps are built by developers on this layer to leverage the blockchain's capabilities to provide various services, such as financial transactions and supply chain tracking.

2 THE ADVANCEMENT OF CRYPTOCURRENCY

Cryptocurrencies come from a multidisciplinary field involving cryptography, computer science, and economics. It has transformed the financial market by revolutionary innovations, controversies, and rapid growth. Some of the key milestones that have influenced the evolution of digital currencies are mentioned below.

2.1 PRECURSORS AND EARLY CONCEPTS

- **The vision of David Chaum:** David Chaum was a cryptographer who pictured a digital currency that would allow secure transactions without the need of central authorities. His paper, "Computer Systems Established, Maintained, and Trusted by Mutually Suspicious Groups", laid the foundation for cryptographic protocols [1]. He introduced the concept of "blinding", which allowed for secure digital transactions. This idea influenced subsequent projects like EGold and Bit Gold based on cryptographic principles, which allowed the creation of digital tokens.

2.2 THE BIRTH OF BITCOIN (2008-2010)

- **Satoshi Nakamoto's Whitepaper:** In 2008, an anonymous person or group using the pseudonym Satoshi Nakamoto published the whitepaper titled "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System" [2]. This innovative document explained how a decentralized digital currency works.
- **Scarcity:** Nakamoto capped the total supply of bitcoins at 21 million, simulating the scarcity of precious metals like gold.
- **Proof of Work (PoW):** PoW is the consensus mechanism used in Bitcoin Blockchain in which miners validate transactions by solving complex mathematical puzzles. They compete to add blocks to the blockchain, which are validated and verified, ensuring security and decentralization.

2.3 ALTCOINS AND DIVERSE BLOCKCHAINS

- **Altcoins Emerge:** Alternative cryptocurrencies (altcoins) emerged after Bitcoin's success. Litecoin (2011) introduced faster block generation, while Namecoin (2011) explored decentralized domain registration [9].
- **Ethereum and Smart Contracts:** Vitalik Buterin's Ethereum (2015) revolutionized the Blockchain domain by introducing smart contracts [10]. Smart contracts are self-executing programs written by developers to create decentralized applications (DApps) beyond simple transactions.

2.4 REGULATION AND INSTITUTIONAL ADOPTION

- **Legal Challenges:** Cryptocurrencies have faced regulatory challenges worldwide. Some countries accepted and supported them, while others banned or restricted their use with strict measures.
- **Institutional Involvement:** Bitcoin futures contracts were introduced which allowed investors to buy or sell Bitcoins at a fixed price on a specific future date. This was a significant step toward institutional acceptance [11]. Traditional financial institutions like banks and insurance companies, hedge funds, and corporations started looking into cryptocurrencies as a new type of investment.

2.5 CHALLENGES AND FUTURE PROSPECTS

- **Scalability:** As adoption is growing, multiple economies will start recognizing it as an official medium of value exchange. As a result, transaction volumes will increase, and maintaining fast and low-cost transactions becomes challenging, leading to slower processing times and higher fees.
- **Environmental Impact:** The PoW consensus protocol consumes loads of energy for every transaction which raises environmental concerns. Proof-of-Stake (PoS) or other consensus mechanisms that offer greener alternatives can be employed for mining and validating blocks [12].
- **DeFi and Beyond:** Decentralized Finance (DeFi) platforms [13], Non-Fungible Tokens (NFTs) [14], and Web3 innovations [15] continue to shape the crypto landscape.

The evolution of cryptocurrencies is an ongoing saga — one that intertwines technology, economics, and human ambition. The further sections delve into cryptocurrency applications such as Smart Contracts and Decentralized Application (DApps) deployed on the Ethereum blockchain, list some popular cryptocurrencies and legal issues associated with them and mention some of the top platforms for buying and selling cryptocurrencies.

3 CRYPTOCURRENCY APPLICATIONS

Cryptocurrencies have found applications across various industries, driven by their unique characteristics such as decentralization, transparency, and security. Below are some key applications of cryptocurrencies:

1. **Store of Value:** Traditional currencies can be influenced by inflation and other market factors. However, the limited supply of Bitcoin and its decentralized nature lead to maintaining its value over time. Hence, Bitcoin is often referred to as "digital gold" due to its characteristics as a store of value. As per recent research, these qualities of Bitcoin positions it as a feasible alternative to traditional stores of value like gold [16], [17].
2. **Payment Systems:** Through cryptocurrencies, cross-border transactions have become fast, secure, and cost-effective. Traditional banking systems involve intermediaries and higher fees, while cryptocurrencies like Bitcoin and Ether facilitate peer-to-peer transactions with minimal costs. This has been especially helpful in areas where people don't have easy access to traditional banking services. This can also help people in underserved regions to take part in the global economy [18].
3. **DeFi:** Ethereum provides a platform where people can lend, borrow, and trade directly with each other. This has created a new financial system that does not rely on traditional banks and is more open and accessible. These decentralized financial platforms on Ethereum are making it easier for everyone to join and offering new types of financial services that are available to people all over the world [19], [20].
4. **Smart Contracts and DApps:** The smart contract functionality in Ethereum allows for the development of various DApps which provide automated and trustless agreements between the participants [21]. Based on some predefined conditions, the contracts self-execute and the need for intermediaries is eliminated.
5. **Supply Chain Management:** Supply chain can be made more transparent and efficient using Blockchain technology with cryptocurrencies. Since all the transactions are recorded permanently, it becomes easier to trace them and committing fraud becomes hard, which increases trust in the supply chain [22].
6. **NFTs:** NFTs represent ownership of unique digital items, such as art or virtual real estate. By using blockchain to prove ownership of these digital assets, NFTs have created new opportunities for creators and collectors. Cryptocurrencies are heavily used through NFTs especially on platforms like Ethereum. Studies show that the use of NFTs are expanding into gaming and virtual worlds [23].

The following subsections provide a detailed explanation of Smart Contracts, followed by an example written in the Solidity programming language used for writing smart contracts. After that, DApps are discussed in depth. Since Smart Contracts and DApps operate on Ethereum, the subsections also cover the Ethereum Virtual Machine (EVM).

3.1 SMART CONTRACTS

Smart contracts are codes which are deployed on a blockchain to provide agreement between multiple parties. These contracts are designed to automatically enforce the terms and conditions of the agreement when specific predetermined rules are met [24]. Hence, the need for intermediaries or third parties to enforce the terms of the agreement is eliminated.

For instance, let's say F is a florist who sells flowers and S is a shopkeeper interested in purchasing some of F's flowers. F agrees to send the temperature maintained fresh flowers to S after receiving payment. However, there is a risk that F might send wilted flowers to S, or S might deny making the payment after receiving the fresh flowers. Both parties could face losses due to the lack of trust in the transaction. In this scenario, a smart contract could be written to automate the transaction. The contract would ensure that the fresh flowers are delivered to S as soon as the payment is made, preventing any potential disputes. Fig. 5 showcases such a smart contract between the two parties.

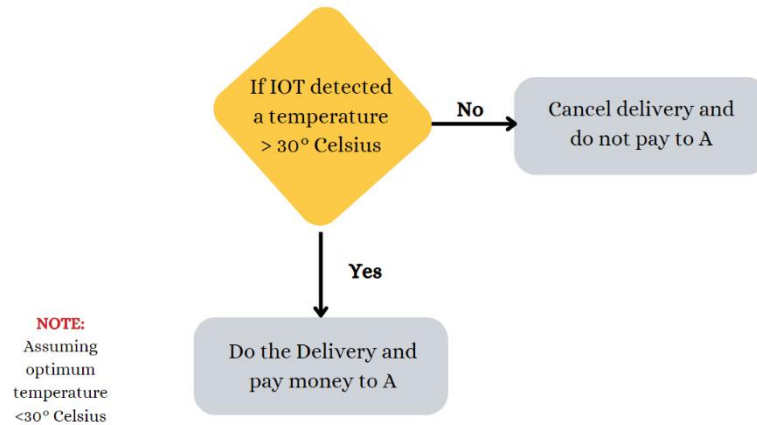


Fig. 5. A Smart Contract between two Parties

3.2 SOLIDITY

Smart contracts are scripted using the high-level object-oriented programming language known as Solidity [25]. Coding the smart contract in established languages such as Python, JavaScript, or C++ requires the use of numerous add-ons, making the process arduous and less efficient. While it is feasible to utilize these languages for contract scripting, they were not specifically engineered for this purpose. In contrast, Solidity was purpose-built for scripting smart contracts, offering a more effective and streamlined approach. For the example shown in Fig. 5, a smart contract written in solidity is shown below in Fig. 6. The statements beginning with `/**` represent comments for understanding the code.

```
pragma solidity ^0.8.0;

contract FlowerDelivery {
    address payable public florist; // Address of the Florist (F)
    address public shopkeeper; // Address of the shopkeeper (S)
    uint public price; // Price of the flowers
    uint public temperature; // Temperature of the container

    bool public isTemperatureMaintained;
    bool public isPaymentMade;

    function checkTemperature() external {
        //fetch temperature from IoT device
        if(temperature < 30) {}
            isTemperatureMaintained = true;
        }
        else {
            isTemperatureMaintained = false;
        }
    }
    // Function for the shopkeeper to pay for the flowers
    function payForFlowers() external payable {
        //make payment to florist
        isPaymentMade = True;
    }

    // Function for the florist to confirm the delivery of the flowers
    function confirmDelivery() external {
        if(isTemperatureMaintained == true && isPaymentMade == false) {}
            //transfer price to Florist
            isPaymentMade = true;
        }
    }

    // Function for the shopkeeper to receive flowers
    function receiveFlowers() external view returns (string memory) {
        if(isTemperatureMaintained == true) {
            //transfer price to Florist
            isPaymentMade = true;
        }
        else {
            // cancel delivery
            isPaymentMade = false;
        }
    }
}
```

Fig. 6. *An example of a Smart Contract in Solidity*

3.3 DECENTRALIZED APPLICATIONS (DAPPS)

A DApp is a software application developed by both established firms and independent developers, that operates on a decentralized blockchain network [26]. DApps differ from traditional applications in several key ways. The key features and characteristics of DApps are mentioned below.

1. **Decentralization:** DApps run on a decentralized network of nodes rather than centralized servers. This structure enhances transparency and reduces the risk of failure since there is no single entity that controls the entire application.

2. **User Interface:** DApps provide user interfaces that allows users to engage with the DApp without needing deep technical knowledge of blockchain technology.
3. **Smart Contracts:** Smart contracts are a fundamental component of DApps which facilitate and automate transactions on the blockchain.
4. **User Types:** The DApp ecosystem includes various user types. DApp users are general consumers who interact with the DApp through its user interface. Smart Contract users are technical users who engage directly with the smart contracts. Finally, Coin/Token users are individuals interested in the financial aspects of the DApp, such as trading tokens or coins associated with the application.
5. **Interoperability:** DApps often connect with different blockchain platforms, which gives them more flexibility and the ability to share resources. Blockchain bridges and standard tools make this easier by allowing developers to move their applications between various platforms smoothly.

Fig. 7 illustrates the architecture of a DApp. Ethereum Virtual Machine (EVM) is responsible for executing the logic defined in the smart contracts. Providers such as Moralis, MetaMask, Alchemy, Infura act as intermediaries, enabling interaction with the blockchain, providing the frontend to execute smart contract functions and retrieve data. Web Server hosts the frontend of the DApp, which is accessible to users via a web browser. Users' requests are processed by the web server, which communicates with the blockchain network via the providers, enabling interaction with the decentralized EVM.

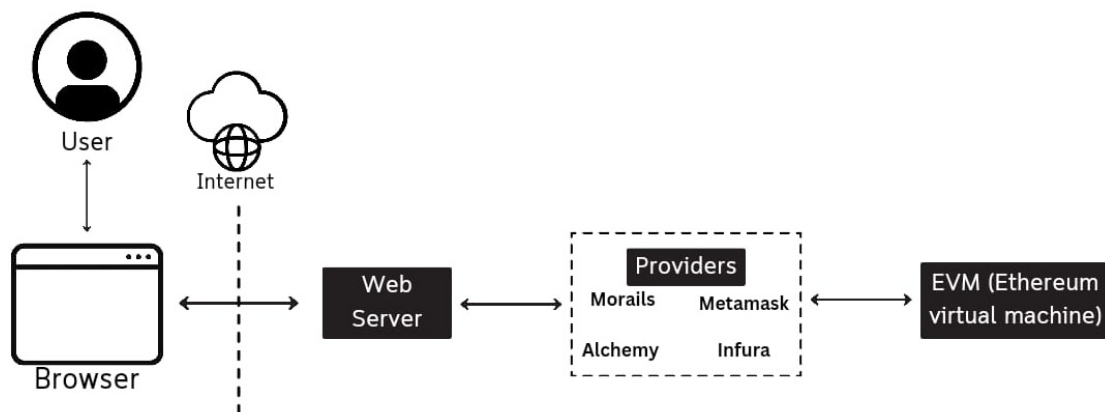


Fig. 7. DApp Architecture

3.3.1 EXAMPLES OF POPULAR DAPPS

1. **Uniswap:** Uniswap is a decentralized exchange (DEX) that allows users to trade cryptocurrencies without the need for a central authority. It operates on the Ethereum blockchain and uses an automated market-making system to facilitate trades [27].
2. **CryptoKitties:** CryptoKitties is a blockchain-based game that enables players to breed, collect, and trade virtual cats. Each CryptoKitty is a unique NFT on the Ethereum blockchain, representing an early and popular example of blockchain gaming [28].
3. **Aave:** Aave is a decentralized lending platform based on smart contracts that allows users to lend and borrow cryptocurrencies without intermediaries [29].
4. **Chainlink:** Chainlink is a decentralized oracle network hosted on the Ethereum platform that enables smart contracts to securely interact with real-world data [30].
5. **Decentraland:** Decentraland is a virtual reality game platform built on Ethereum where users can create, experience, and monetize content and applications such as purchasing virtual land and building upon it [31], [32].

3.4 EVM AND NON-EVM BASED COINS

The Ethereum Virtual Machine (EVM) serves as the fundamental processing unit of the Ethereum network, required for the execution of smart contracts [33]. It allows developers to test, deploy, and run smart contracts in a secure and isolated environment. The EVM interprets the bytecode of smart contracts and protects them against cyber threats maintaining the network's integrity. In contrast, "non-EVM" refers to blockchain networks or platforms that do not rely on the EVM for

executing smart contracts. Non-EVM platforms facilitate smart contract operations by employing their own proprietary virtual machines, interpreters, or execution environments. Examples of non-EVM platforms include Polkadot, Solana, and Cardano.

4 POPULAR CRYPTOCURRENCIES

Cryptocurrencies have been used in several applications facilitating secure transactions. Some of the most well-known cryptocurrencies are listed in Table 1 along with their features, the layers they work upon, their applications and limitations.

Tableau 1. Some Popular Cryptocurrencies

Cryptocurrency	Features/ Advantages	Layers	Limitations	Applications
Bitcoin	- Limited Supply of 21 million Bitcoins - Highly secured by Blockchain - Based on PoW protocol - Online Gaming - Widely recognized and accepted	Layer 1	- Slow transaction speed - High transaction fees	- Bitcoin ATMs - Charitable Donations - Online Gaming
Solana (SOL) [34]	- Fast transaction speeds - Scalability - Proof-of-History and Proof-of-Stake protocols	Layer 1 with Layer 2 solutions	Relatively new with less adoption	- Photo Finish Live - Helio: Shopify x Solana Pay plugin
Ethereum (ETH)	- Smart Contracts for DApps and NFTs - Faster transactions than Bitcoin - Proof-of-Stake protocol - Unlimited supply	Layer 1 with Layer 2 scaling solutions	- Higher transaction fees - Scalability Issues	Platform for DeFi and NFTs
Ripple (XRP) [35]	- Quick and secure international payments - Low transaction fees	Layer 1 with enterprise solutions	Centralized nature compared to others	- Modulr - MoneyMatch
Litecoin (LTC)	- Faster and cheaper than Bitcoin - Low transaction fees	Layer 1	Less adoption compared to Bitcoin and Ethereum	- Litecoin Core - Electrum-LTC
Dogecoin [36] (DOGE)	- Simple and easy to use - Faster transactions than Bitcoin - Strong and active community	Layer 1	- Lacks Institutional Support - Scalability issues - Inflationary Supply	- Dogecoin Wallets - Dogecoin Trading Platforms

5 LEGAL ISSUES

Several legal challenges come with cryptocurrencies due to their decentralized nature, anonymity, and lack of established legal frameworks. These issues must be understood and addressed for a secure cryptocurrency ecosystem [37]. Some of the key issues are mentioned below.

1. Cryptocurrencies can hide the identities of those involved, and thus are attractive for illegal activities. They have been used in serious crimes like money laundering, drug trafficking, and weapons trading, which is a major concern. In 2013, authorities shut down the dark web marketplace "Silk Road," where Bitcoin was heavily used for illegal transactions like drug dealing [38].
2. There is no central governing authority in a cryptocurrency ecosystem, such as a government or central bank, which makes regulation difficult. The taxation process also becomes complicated.
3. There are no well-defined legal frameworks for cryptocurrencies, which causes problems with taxes, legal disputes, and cybersecurity. This makes it hard to protect investors and users.
4. The value of cryptocurrencies are highly volatile, since they are heavily dependent on market demand and supply instead of concrete assets. Hence, both the regulatory bodies and users are at risk, which makes these assets less stable and reliable.
5. In cases like fraud and inheritance disputes, problems are faced when providing concrete legal evidence since there is anonymity and decentralization in cryptocurrency transactions.
6. There is a lack of clear legal guidelines on digital inheritance. Hence, families often face challenges in accessing deceased individuals' cryptocurrency holdings due to the lack of necessary information and access protocols.

7. High-profile breaches, such as those affecting Mt. Gox and Bitfinex [39], [40], highlights the vulnerability of cryptocurrency platforms. They are highly targeted by cybercriminals, which leads to substantial financial losses.

6 HISTORY OF CRYPTOCURRENCY AND ITS CURRENT STATUS IN INDIA

Cryptocurrency has had an interesting journey in India, with significant developments and regulatory changes. A complete overview of its history and current status is mentioned below.

- **Introduction (2009-2013):** In 2009, the first cryptocurrency, Bitcoin, was introduced. Further, in 2010, the first commercial Bitcoin transaction took place, with the first exchange taking place in 2013.
- **Initial Regulatory Concerns (2013-2018):**
 - 2013: The Reserve Bank of India (RBI) issued a circular that warned users about the potential risks associated with cryptocurrencies [41].
 - 2017: RBI reiterated its concerns, emphasizing the risks of virtual currencies.
 - 2018: RBI issued a circular prohibiting banks and financial institutions from dealing in virtual currencies.
- **Supreme Court Intervention (2020):** The Supreme Court of India struck down the 2018 RBI circular, declaring it unconstitutional.
- **Regulatory Framework:** The Indian government has been working on creating a regulatory framework for cryptocurrencies. The Cryptocurrency and Regulation of Official Digital Currency Bill, 2021, aims to establish a favorable environment for digital currencies issued by the RBI [42]. As of now, cryptocurrencies are not illegal in India, but there is no comprehensive regulatory framework governing them.
- **Adoption and Usage:** India ranks first in the Global Crypto Adoption Index 2023, indicating a high level of grassroots adoption [43]. As per the market research report, the Indian cryptocurrency market is expected to grow by 7.37% from 301.68 million dollars in 2024 to 532.86 billion dollars in 2032 [44].
- **Digital Rupee:** The RBI has expressed interest in exploring the concept of a central bank digital currency (CBDC), known as the Digital Rupee, which aims to integrate digital currencies into the financial system while ensuring regulatory compliance and stability [45].
- **Government Stance:** The government acknowledges the need for international collaboration to regulate cryptocurrencies effectively [46]. The Ministry of Finance is actively involved in shaping the policy ecosystem for crypto assets.

7 PLATFORMS TO BUY AND SELL CRYPTOCURRENCIES

Platforms for buying and selling cryptocurrencies provide users with the ability to trade digital assets in a secure and efficient manner. These platforms, also known as cryptocurrency exchanges, offer a range of features from simple buy/sell options for beginners to advanced trading tools for experienced users. Some of the most popular platforms are listed in Table 2. This will aid in the broader adoption of cryptocurrencies by making it easier for individuals to enter the market and manage their digital assets.

Tableau 2. Popular Cryptocurrency Platforms

Platform	URL	Pros	Cons
Coinbase	https://www.coinbase.com	Easy to use, good selection of tokens, high security	High fees, user doesn't control private keys, slow to adopt new cryptocurrencies
Uphold	https://www.uphold.com	Simple pricing, supports many tokens, desktop and mobile apps	Not as easy to use, some reports of poor customer service
Kraken	https://www.kraken.com	Long-running exchange, high security, large variety of tokens	Difficult to use, issues with 2FA, reports of poor customer service
Gemini	https://www.gemini.com	Easy app interface, large exchange by assets, supports major assets	No specific cons mentioned
Bitstamp	https://www.bitstamp.net	Long-running, 70+ tokens, low fees	Staking features not available to all, limited staking rewards
eToro	https://www.etoro.com	Global trading options, copy other traders, low minimums	Limited US options, not available in all states, fewer tokens
Bitcoin IRA	https://www.bitcoinira.com	Invest in crypto within an IRA, earn interest tax-free, high security	High fees, high minimums, fewer tokens
Crypto.com	https://www.crypto.com	Many supported tokens, weekly interest on savings, debit card available	Complex fees, no desktop support, limited customer service

8 CONCLUSION

The rise of cryptocurrency, from a small idea to a widely accepted financial tool, has been both significant and complicated. This chapter has looked at the basics of cryptocurrencies, starting with what they are and how they work. Cryptography and blockchain technology are the core of cryptocurrencies, making them secure, transparent, and decentralized, which is different from traditional financial systems. The evolution of cryptocurrencies, from early theoretical concepts and the groundbreaking launch of Bitcoin to the emergence of alternative coins (altcoins) and diverse blockchain platforms is also discussed. The chapter also explored the details of smart contracts, Solidity programming, and decentralized applications (DApps), which are creating new financial systems, especially on platforms like Ethereum. This was followed by EVM and non-EVM based coins, showing the variety of technologies within the world of cryptocurrencies.

As cryptocurrencies have become more popular, they have faced big challenges, like government regulations and the need for clear legal rules. Looking at the history and current situation of cryptocurrency in India provides an insight into how different places are dealing with these challenges. Some of the popular cryptocurrencies and the platforms where one can buy and sell them are also highlighted.

In conclusion, while cryptocurrencies offer many opportunities, they also bring challenges that need to be carefully thought through by developers, regulators, and users. With the growing use of blockchain-based technologies, it seems likely that decentralized finance and digital currencies will become even more important in the global economy.

REFERENCES

- [1] D. Chaum, «Blind signatures for untraceable payments,» *Advances in cryptology*, vol. 82, pp. 199–203, 1983.
- [2] S. Nakamoto, «Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system,» *Bitcoin.org*, 2008. Available at: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>.
- [3] S. J. S. Krishna, A. Panda, and P. Sindhuja, «Cryptocurrency adoption and its influence on traditional financial markets,» *dynamics*, vol. 8, p. 11, 2023.
- [4] A. J. Menezes, P. C. Van Oorschot, and S. A. Vanstone, *Handbook of applied cryptography*. CRC press, 2018.
- [5] A. Narayanan, J. Bonneau, E. Felten, A. Miller, and S. Goldfeder, *Bitcoin and cryptocurrency technologies*. Princeton University Press, 2016.
- [6] W. Penard and T. Van Werkhoven, «On the secure hash algorithm family,» *Cryptography in context*, pp. 1–18, 2008.

- [7] Z. Zheng, S. Xie, H. Dai, X. Chen, and H. Wang, «An overview of blockchain technology: Architecture, consensus, and future trends,» in 2017 IEEE international congress on big data (BigData congress), pp. 557–564, IEEE, 2017.
- [8] C. Wang, H. Jiang, J. Zeng, Y. Min, Q. Huang, and Z. Zuo, «A review of blockchain layered architecture and technology application research,» *Wuhan University Journal of Natural Sciences*, vol. 26, no. 5, p. 14, 2021.
- [9] M. Haferkorn and J. M. Quintana Diaz, «Seasonality and interconnectivity within cryptocurrencies-an analysis on the basis of bitcoin, litecoin and namecoin,» in *Enterprise Applications and Services in the Finance Industry: 7th International Workshop, FinanceCom 2014, Sydney, Australia, December 2014, Revised Papers 7*, pp. 106–120, Springer, 2015.
- [10] V. Buterin, «Ethereum: The world computer,» *Ethereum.org*, 2013. Available at: <https://ethereum.org/en/whitepaper/>.
- [11] S. Corbet, B. Lucey, M. Peat, and S. Vigne, «Bitcoin futures—what use are they?,» *Economics Letters*, vol. 172, pp. 23–27, 2018.
- [12] B. Cao, Z. Zhang, D. Feng, S. Zhang, L. Zhang, M. Peng, and Y. Li, «Performance analysis and comparison of pow, pos and dag based blockchains,» *Digital Communications and Networks*, vol. 6, no. 4, pp. 480–485, 2020.
- [13] S. Werner, D. Perez, L. Gudgeon, A. Klages-Mundt, D. Harz, and W. Knottenbelt, «Sok: Decentralized finance (defi),» in *Proceedings of the 4th ACM Conference on Advances in Financial Technologies*, pp. 30–46, 2022.
- [14] B. Hammi, S. Zeadally, and A. J. Perez, «Non-fungible tokens: a review,» *IEEE Internet of Things Magazine*, vol. 6, no. 1, pp. 46–50, 2023.
- [15] P. P. Ray, «Web3: A comprehensive review on background, technologies, applications, zero-trust architectures, challenges and future directions,» *Internet of Things and Cyber-Physical Systems*, vol. 3, pp. 213–248, 2023.
- [16] T. N. Rotta and E. Paran'a, «Bitcoin as a digital commodity,» *New Political Economy*, vol. 27, no. 6, pp. 1046–1061, 2022.
- [17] N. Popper, *Digital gold: The untold story of Bitcoin*. Penguin UK, 2015.
- [18] N. Taleb, «Prospective applications of blockchain and bitcoin cryptocurrency technology,» *TEM Journal*, vol. 8, no. 1, pp. 48–55, 2019.
- [19] H. Teng, W. Tian, H. Wang, and Z. Yang, «Applications of the decentralized finance (defi) on the ethereum,» in *2022 IEEE Asia-Pacific Conference on Image Processing, Electronics and Computers (IPEC)*, pp. 573–578, IEEE, 2022.
- [20] I. Makarov and A. Schoar, «Cryptocurrencies and decentralized finance (defi),» *Brookings Papers on Economic Activity*, vol. 2022, no. 1, pp. 141–215, 2022.
- [21] Z. Zheng, S. Xie, H.-N. Dai, W. Chen, X. Chen, J. Weng, and M. Imran, «An overview on smart contracts: Challenges, advances and platforms,» *Future Generation Computer Systems*, vol. 105, pp. 475–491, 2020.
- [22] H. Min, «Blockchain technology for enhancing supply chain resilience,» *Business Horizons*, vol. 62, no. 1, pp. 35–45, 2019.
- [23] W. Rehman, H. e Zainab, J. Imran, and N. Z. Bawany, «Nfts: Applications and challenges,» in *2021 22nd International Arab Conference on Information Technology (ACIT)*, pp. 1–7, IEEE, 2021.
- [24] S. N. Khan, F. Loukil, C. Ghedira-Guegan, E. Benkhelifa, and A. Bani-Hani, «Blockchain smart contracts: Applications, challenges, and future trends,» *Peer-to-peer Networking and Applications*, vol. 14, pp. 2901–2925, 2021.
- [25] C. Dannen and C. Dannen, «Solidity programming,» *Introducing Ethereum and Solidity: Foundations of Cryptocurrency and Blockchain Programming for Beginners*, pp. 69–88, 2017.
- [26] C. Dai, «Dex: A dapp for the decentralized marketplace,» *Blockchain and Crypt Currency*, vol. 95, 2020.
- [27] A. A. Aigner and G. Dhaliwal, «Uniswap: Impermanent loss and risk profile of a liquidity provider,» *arXiv preprint arXiv: 2106.14404*, 2021.
- [28] A. Serada, T. Sihvonen, and J. T. Harviainen, «Cryptokitties and the new ludic economy: How blockchain introduces value, ownership, and scarcity in digital gaming,» *Games and Culture*, vol. 16, no. 4, pp. 457–480, 2021.
- [29] Z. Ao, L. W. Cong, G. Horvath, and L. Zhang, «Is decentralized finance actually decentralized? a social network analysis of the aave protocol on the ethereum blockchain,» *arXiv preprint arXiv: 2206.08401*, 2022.
- [30] L. Breidenbach, C. Cachin, B. Chan, A. Coventry, S. Ellis, A. Juels, F. Koushanfar, A. Miller, B. Magauran, D. Moroz, et al., «Chainlink 2.0: Next steps in the evolution of decentralized oracle networks,» *Chainlink Labs*, vol. 1, pp. 1–136, 2021.
- [31] B. Guidi and A. Michienzi, «Social games and blockchain: exploring the metaverse of decentraland,» in *2022 IEEE 42nd International Conference on Distributed Computing Systems Workshops (ICDCSW)*, pp. 199–204, IEEE, 2022.
- [32] C. Goanta, «Selling land in decentraland: The regime of non-fungible tokens on the ethereum blockchain under the digital content directive,» *Disruptive technology, legal innovation, and the future of real estate*, pp. 139–154, 2020.
- [33] G. Wood et al., «Ethereum: A secure decentralised generalised transaction ledger,» *Ethereum project yellow paper*, vol. 151, no. 2014, pp. 1–32, 2014.
- [34] A. Yakovenko, «Solana: A new architecture for a high performance blockchain v0. 8.13,» *Whitepaper*, 2018.
- [35] F. Armknecht, G. O. Karame, A. Mandal, F. Youssef, and E. Zenner, «Ripple: Overview and outlook,» in *Trust and Trustworthy Computing: 8th International Conference, TRUST 2015, Heraklion, Greece, August 24-26, 2015, Proceedings 8*, pp. 163–180, Springer, 2015.
- [36] A. Nani, «The doge worth 88 billion dollars: A case study of dogecoin,» *Convergence*, vol. 28, no. 6, pp. 1719–1736, 2022.

- [37] A. Aziz, N. A. M. Noor, and O. Mashhour, «The money of the future: A study of the legal challenges facing cryptocurrencies,» *BiLD Law Journal*, vol. 7, no. 1, pp. 21–33, 2022.
- [38] M. C. Van Hout and T. Bingham, «Silk road, the virtual drug marketplace: A single case study of user experiences,» *International Journal of Drug Policy*, vol. 24, no. 5, pp. 385–391, 2013.
- [39] A. Tsang, «Bitcoin plunges after hacking of exchange in hong kong,» *The New York Times*, 2016.
- [40] J. Boyd, «The mt. gox bitcoin debacle: An update,» 2015. Available at: <https://spectrum.ieee.org/the-mt-gox-bitcoin-debacle-an-update>.
- [41] M. R. Aslam, «The future of cryptocurrencies and its legalisation in india,» 2023. Available at: <https://economictimes.indiatimes.com/markets/cryptocurrency/the-future-of-cryptocurrencies-and-its-legalisation-in-india/articleshow/104081432.cms?from=mdr>.
- [42] D. S. Thakur, R. A. Varma, and D. M. Hake, «Regulation of cryptocurrency in india: Issues and challenges,» *Journal of Positive School Psychology*, vol. 6, pp. 8921–8929, 2022.
- [43] «Global crypto adoption index 2023,» 2024. Available at: <https://www.chainalysis.com/blog/2023-global-crypto-adoption-index/>.
- [44] «India cryptocurrency market assessment, by type [bitcoin, ethereum, tether, ripple, others], by component [hardware, software], by process [mining, transaction], by end-user [trading, retail and e-commerce, banking, government, others], by region, opportunities and forecast,» 2024. Available at: <https://www.marketsanddata.com/industry-reports/india-cryptocurrency-market>.
- [45] Moneycontrol, «The e-rupee is on the way as rbi gears up for a pilot launch of its own digital currency,» 2022. Available at: <https://www.moneycontrol.com/news/business/central-bank-digital-currency-aimed-at-complementing-current-forms-of-money-rbi-9291291.html>.
- [46] S. D. Damodaran A., Vanguri Sruthi, «Crypto assets: Regulatory choices for consumer and investor protection,» 2024. Available at: <https://icrier.org/pdf/CryptoAssets.pdf>.

Prédiction de la probabilité de réussite en sciences informatiques et orientation départementale

[Prediction of the probability of success in computer science and departmental orientation]

Mavuela Maniansa Richard

Institut Supérieur Pédagogique et Techniques de Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2025 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: Through an observation of student's performance in computer science, we want to reveal that the factors influencing success can be identified and modeled using advanced machine learning techniques.

KEYWORDS: orientation, predictive modeling, data analysis.

RESUME: A travers une observation de la performance des étudiants en sciences informatiques, nous voulons révéler que les facteurs y influençant la réussite peuvent être identifiés et modélisés grâce aux techniques avancées de l'apprentissage automatique.

MOTS-CLEFS: orientation, modélisation prédictive, analyse des données.

1 INTRODUCTION

La réussite académique est essentielle pour le développement personnel et professionnel, en particulier dans les sciences informatiques. Elle dépend de nombreux facteurs, notamment des caractéristiques personnelles et de l'environnement socio-économique des étudiants. Ainsi, pour mieux orienter les étudiants, comprendre ces variables est crucial [1]. Cependant, les données de performance des post-bacheliers offrent des insights détaillés sur ces facteurs, incluant l'âge, le genre, l'origine ethnique, le niveau d'éducation des parents, le temps d'étude, l'absentéisme, le soutien parental et les activités parascolaires. Chaque variable permet d'analyser ce qui favorise ou entrave la réussite académique. En effet, l'analyse de ces données peut révéler des corrélations significatives, essentielles pour développer des modèles prédictifs capable d'estimer le succès d'un post-bachelier souhaitant s'inscrire dans la faculté des sciences informatiques. Ces outils prédictifs peuvent servir de support aux conseils académiques car anticiper les performances académiques réduira le taux d'échec et aidera à mettre en place des programmes d'intervention pour les étudiants à risque, favorisant une culture d'entraide [2]. Dans cette étude, nous explorerons différentes méthodes de prédiction des performances académiques en utilisant des techniques statistiques et d'apprentissage automatique.

2 METHODE

En vue de développer un modèle prédictif efficace, nous utiliserons une approche méthodologique impliquant plusieurs étapes clés:

2.1 COLLECTE DES DONNÉES

Nous avons collecté un ensemble de données qui contient des informations complètes sur 2 392 post-bacheliers, détaille leurs données démographiques, leurs habitudes d'étude, la participation des parents, leurs activités parascolaires et leurs résultats scolaires.

	StudentID	Age	Gender	Ethnicity	ParentalEducation	StudyTimeWeekly	Absences	Tutoring	ParentalSupport	Extracurricular	Sports	Music	Volunteering	GPA	GradeClass	
	0	1001	17	1	0	2	19.833723	7	1	2	0	0	1	0	2.929196	2.0
	1	1002	18	0	0	1	15.408756	0	0	1	0	0	0	0	3.042915	1.0
	2	1003	15	0	2	3	4.210570	26	0	2	0	0	0	0	0.112602	4.0
	3	1004	17	1	0	3	10.028829	14	0	3	1	0	0	0	2.054218	3.0
	4	1005	17	1	0	2	4.672495	17	1	3	0	0	0	0	1.288061	4.0

des suivantes:

Générer du code avec df

Afficher les graphiques recommandés

```
df.tail()
```

	Age	Gender	Ethnicity	ParentalEducation	StudyTimeWeekly	Absences	Tutoring	ParentalSupport	Extracurricular	Sports	Music	Volunteering	GPA	GradeClass	
	2387	18	1	0	3	10.680555	2	0	4	1	0	0	0	3.455509	0.0
	2388	17	0	0	1	7.583217	4	1	4	0	1	0	0	3.279150	4.0
	2389	16	1	0	2	6.805500	20	0	2	0	0	0	1	1.142333	2.0
	2390	16	1	1	0	12.416653	17	0	2	0	1	1	0	1.803297	1.0
	2391	16	1	0	2	17.819907	13	0	2	0	0	0	1	2.140014	1.0

```
df.shape
```

```
(2392, 15)
```

Fig. 1. Jeu de données

Et nous avons les colonnes suivantes:

StudentID: Un identifiant unique attribué à chaque étudiant (1001 à 3392).

Age (Âge): L'âge des étudiants varie de 15 à 18 ans.

Gender (Sexe): Sexe des élèves, où 0 représente la femme et 1 représente l'homme.

Ethnicity (Origine ethnique): L'origine ethnique des élèves, codée comme suit:

0: Africain

1: Américain

2: Asiatique

3: Européen

ParentalEducation (Éducation parentale): Le niveau d'éducation des parents, codé comme suit:

0: Aucun;

1: Lycée;

2: Un peu d'université;

3: Baccalauréat;

4: Plus élevé

StudyTimeWeekly: Temps d'étude hebdomadaire en heures, allant de 0 à 20.

Absences: Nombre d'absences au cours de l'année scolaire, allant de 0 à 30.

Tutoring (Tutorat): statut du tutorat, où 0 indique Non et 1 indique Oui.

ParentalSupport (Soutien parental): Le niveau de soutien parental, codé tel que:

- 0: Aucun;
- 1: Faible;
- 2: Modéré;
- 3: Élevé;
- 4: Très élevé

Extracurricular (Activités parascolaires): Participation à des activités parascolaires, où 0 indique Non et 1 indique Oui.

Sports: Participation à des sports, où 0 indique Non et 1 indique Oui.

Music (Musique): Participation à des activités musicales, où 0 indique Non et 1 indique Oui.

Volunteering (Volontariat): Participation au bénévolat, où 0 indique Non et 1 indique Oui.

GPA (Grade Point Average): Moyenne générale de l'étudiant sur une échelle de 0 à 4,0, influencée par les habitudes d'étude, l'implication des parents et les activités parascolaires.

GradeClass: Classification des notes des élèves en fonction de la moyenne générale:

- 0: « A » (moyenne $\geq 3,5$);
- 1: « B » ($3,0 \leq \text{GPA} < 3,5$);
- 2: « C » ($2,5 \leq \text{GPA} < 3,0$);
- 3: « D » ($2,0 \leq \text{GPA} < 2,5$);
- 4: « F » ($\text{GPA} < 2,0$)

▪ Entrepôt de données

Le modèle type d'entrepôt des données de notre système est celui-ci dessous:

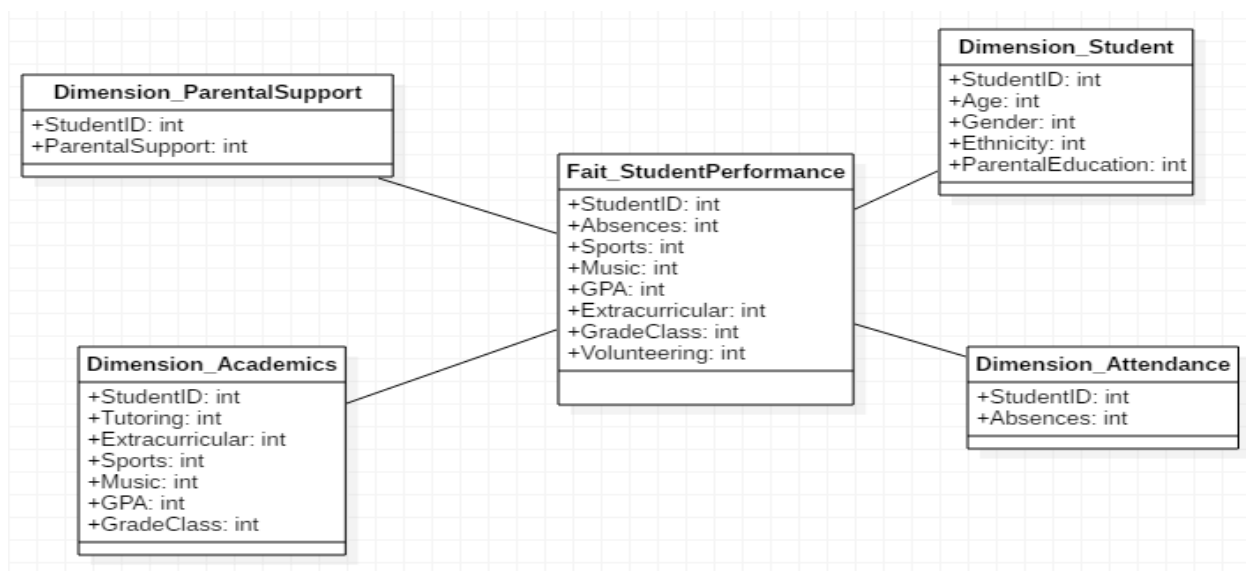


Fig. 2. Entrepôt de données

Nous avons séparé les données en plusieurs dimensions pour faciliter l'analyse.

- La dimension 'Student' contient les informations de base sur les élèves.
- La dimension 'Attendance' contient les informations sur leur absence.

- La dimension 'Academics' contient les informations liées à la performance académique des élèves.
- La dimension 'ParentalSupport' contient les informations sur le soutien parental.
- La table de faits 'StudentPerformance' relie toutes ces dimensions et contient les mesures clés comme GPA, GradeClass, etc.

Ce modèle est un **modèle logique en étoile** qui met en relation les dimensions ainsi que les faits et facilite l'analyse sur les données [3].

2.2 PRÉTRAITEMENT ET EXPLORATION DES DONNÉES

2.2.1 PRÉTRAITEMENT DES DONNÉES

Notre jeu de données a 2392 lignes et 15 colonnes, les toutes les données sont numériques et sans ligne en double.

```
[ ] #afficher toutes les colonnes
print(data.columns)

Index(['StudentID', 'Age', 'Gender', 'Ethnicity', 'ParentalEducation',
      'StudyTimeWeekly', 'Absences', 'Tutoring', 'ParentalSupport',
      'Extracurricular', 'Sports', 'Music', 'Volunteering', 'GPA',
      'GradeClass'],
      dtype='object')

duplicate_rows_df = df[df.duplicated()]
print("nombre de lignes en double :", duplicate_rows_df.shape)

nombre de lignes en double : (0, 14)
```

Fig. 3. Prétraitement 1

Ni présence de valeurs double et valeur aberrante

```
df.isnull().sum()

Age          0
Gender       0
Ethnicity    0
ParentalEducation  0
StudyTimeWeekly  0
Absences     0
Tutoring     0
ParentalSupport  0
Extracurricular  0
Sports       0
Music        0
Volunteering  0
GPA          0
GradeClass   0
dtype: int64
```

Fig. 4. Prétraitement 3

```
Q1 = df.quantile(0.25)
Q3 = df.quantile(0.75)
IQR = Q3 - Q1
print(IQR)
```

Age	2.000000
Gender	1.000000
Ethnicity	2.000000
ParentalEducation	1.000000
StudyTimeWeekly	9.365330
Absences	15.000000
Tutoring	1.000000
ParentalSupport	2.000000
Extracurricular	1.000000
Sports	1.000000
Music	0.000000
Volunteering	0.000000
GPA	1.447413
GradeClass	2.000000
dtype:	float64

Fig. 5. Prétraitement 4

2.2.2 EXPLORATION DES DONNÉES

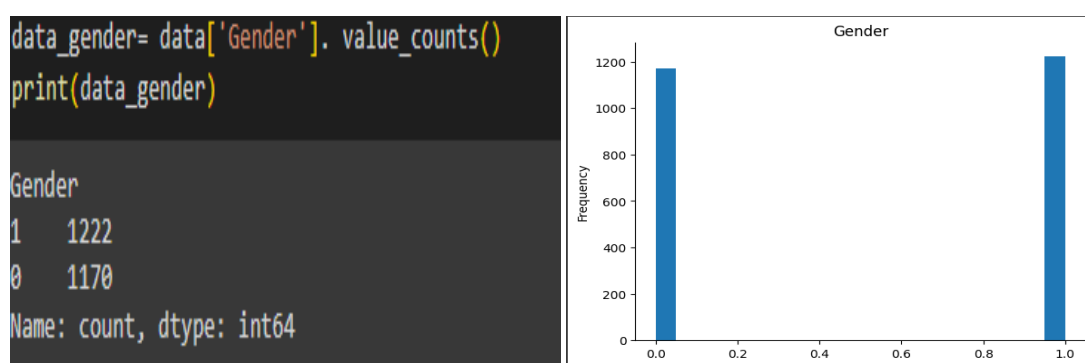


Fig. 6. Count_Gender

Sur cette ligne de code, nous avons compté le nombre de fois que chaque genre apparait dans la colonne 'Gender' et avons affiché les résultats du décompte des valeurs uniques. En sortie nous avons 1222 Hommes et 1170 Femmes.

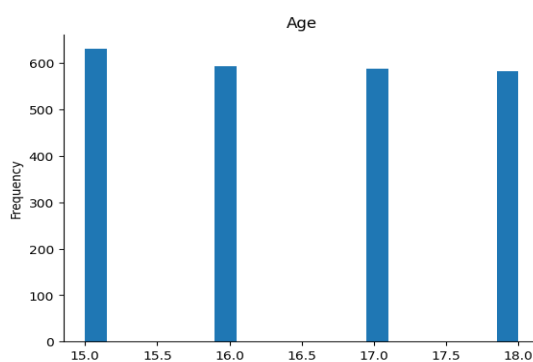


Fig. 7. Age

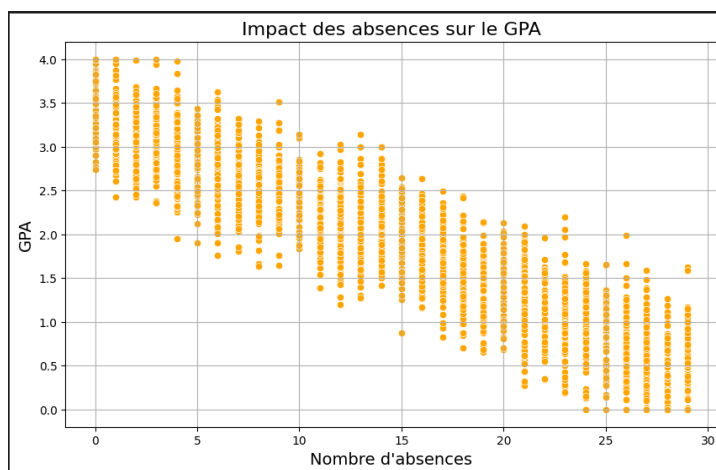


Fig. 8. Absence par GPA

[Figure 8] L'axe des abscisses représente la Fréquence (Frequency) allant de 0 à 600, et l'axe des ordonnées montre l'âge des étudiants variant de 15 à 18 ans. Les barres sont colorées selon la variable "Age". On constate que les individus ayant 15ans d'âge sont plus nombreux que ceux ayant 16ans, 17ans et 18ans.

[Figure 9] Sur ce graphique de dispersion, l'axe des abscisses représente le nombre d'absences, allant de 0 à 30, tandis que l'axe des ordonnées représente le GPA (Grade Point Average), allant de 0 à 4. Chaque point représente un étudiant avec son nombre d'absence, coloré selon le genre (0 ou 1). On observe une tendance négative, où une augmentation du nombre d'absences est associée à une diminution du GPA. Les points sont densément regroupés, montrant une corrélation forte entre les absences et la performance académique.

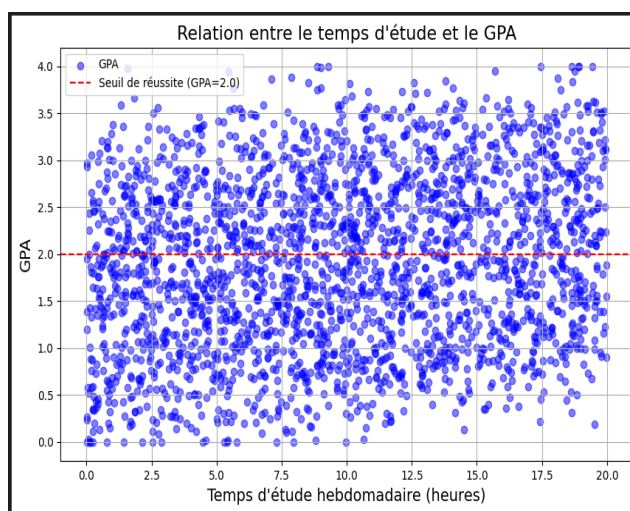


Fig. 9. Relation Temps d'étude et GPA

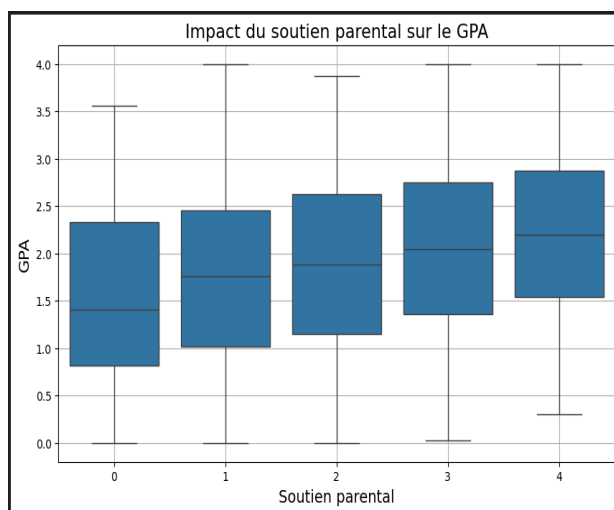


Fig. 10. Impact soutien parental

[Figure 10] Un nuage de points qui visualise la relation entre le temps d'étude hebdomadaire et la performance académique (GPA) des étudiants, avec la ligne indiquant le seuil de réussite. Les éléments du graphique sont soigneusement étiquetés et nous observons une hausse de GPA où il y a plus de temps d'étude et basse où il y a moins de temps d'étude ce qui revient à dire que le temps d'étude influence la performance soit en bien ou en mal.

[Figure 11] Un boxplot qui montre l'impact du soutien parental sur le GPA des étudiants. Ce boxplot permet de visualiser la médiane, les quartiles et les valeurs aberrantes du GPA pour chaque catégorie de soutien parental. Les éléments graphiques sont soigneusement étiquetés pour faciliter la compréhension et analyse des données.

2.3 MODÉLISATION ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Tout d'abord, nous avons créé notre sujet de prédiction, la variable 'Réussite' qui est notre variable cible étant donné qu'elle ne figurait pas dans notre jeu de données collectées.

```
data ['Réussite'] = (data ['GPA'] > 2.0).astype (int)
```

Cette ligne de code crée une nouvelle colonne Réussite dans notre jeu de données, où chaque étudiant est marqué avec 1 s'il a réussi ($GPA > 2.0$) et un 0 s'il n'a pas réussi.

Ensuite, avons testé plusieurs algorithmes de machine learning, tels que:

→ Régression logistique

```
X = sm.add_constant (data ['StudyTimeWeekly']) # Ajout d'une constante à la
variable indépendante 'StudyTimeWeekly'

model = sm.Logit (data ['Réussite'], X) # Création d'un modèle de régression
logistique

result = model.fit () # Ajustement du modèle de régression logistique
```

Nous avons:

- Ajouter une constante à la variable indépendante 'StudyTimeWeekly'.

Dans notre cas, l'inclusion de la constante nous aide à mieux comprendre à quel niveau la variable indépendante 'Temps d'étude hebdomadaire' influence la variable cible/dépendante 'Réussite' en nous fournissant des estimations plus fiable; Ce qui améliorent la validité des test d'hypothèses.

La constante représente la valeur prédit lorsque toutes les variables sont à zéro (cela permet de capturer le niveau basse de la variable indépendant).

- Créer un modèle de régression logistique pour prédire la variable cible 'Réussite à partir de la variable indépendante définie dans X. Ici le modèle est préparé à l'entraînement.
- Enfin ajuster le modèle créé aux données pour la prédiction sur des nouvelles données en optimisant les paramètres du modèle en vue de minimiser l'erreur, ce qui améliore la capacité du modèle à fournir des résultats fiables.

Résultat

Résumé des résultats de la régression logistique :						
Logit Regression Results						
Dep. Variable:	Réussite	No. Observations:	2392			
Model:	Logit	Df Residuals:	2390			
Method:	MLE	Df Model:	1			
Date:	Thu, 26 Sep 2024	Pseudo R-squ.:	0.01040			
Time:	15:56:34	Log-Likelihood:	-1635.7			
converged:	True	LL-Null:	-1652.9			
Covariance Type:	nonrobust	LLR p-value:	4.556e-09			
	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]
const	-0.5506	0.083	-6.605	0.000	-0.714	-0.387
StudyTimeWeekly	0.0428	0.007	5.824	0.000	0.028	0.057

Fig. 11. Résultat Logistique

Ces résultats indiquent que le modèle est ajusté avec succès et que la variable Temps d'étude a un effet significatif sur la variable Réussite.

→ Régression linéaire multiple.

```
model = sm.OLS(y, X).fit()
```

OLS: Ordinary Least Squares

Nous avons effectué une régression linéaire pour prédire une variable continue (y) à partir de plusieurs variables indépendantes.

Ce modèle suggère que le temps d'étude, le soutien parental, le tutorat, la participation extrascolaire et les absences sont des facteurs importants influençant la réussite des étudiants.

Résultat

OLS Regression Results						
Dep. Variable:	GPA	R-squared:	0.941			
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.941			
Method:	Least Squares	F-statistic:	7580.			
Date:	Thu, 26 Sep 2024	Prob (F-statistic):	0.00			
Time:	15:56:50	Log-Likelihood:	198.89			
No. Observations:	2392	AIC:	-385.8			
Df Residuals:	2386	BIC:	-351.1			
Df Model:	5					
Covariance Type:	nonrobust					
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
const	2.5959	0.015	169.188	0.000	2.566	2.626
StudyTimeWeekly	0.0291	0.001	36.039	0.000	0.028	0.031
ParentalSupport	0.1526	0.004	37.552	0.000	0.145	0.161
Tutoring	0.2498	0.010	25.137	0.000	0.230	0.269
Extracurricular	0.1872	0.009	19.961	0.000	0.169	0.206
Absences	-0.0994	0.001	-184.524	0.000	-0.100	-0.098
Omnibus:	1.880	Durbin-Watson:	2.001			
Prob(Omnibus):	0.391	Jarque-Bera (JB):	1.916			
Skew:	0.050	Prob(JB):	0.384			
...						

Fig. 12. Résultat Linéaire

En fin, Nous avons évalué la probabilité d'admission d'un nouvel étudiant en se basant sur des étudiants similaires et leurs performances passées.

```
# Fonction de prédiction basée sur la similarité
def predict_student_admission (new_student_data, selected_department):
    new_student_scaled = scaler.transform ([new_student_data])
    distances = pairwise_distances (X_scaled, new_student_scaled)
    nearest_indices = np.argsort (distances.flatten ()) [: 5]
    nearest_students = data.iloc [nearest_indices]
    admission_probabilities = nearest_students ['GPA'].mean ()
    department_info = departments ["Informatique"], [selected_department]
    gpa_range = department_info ["gpa_range"]
```

En utilisant ces données en entrée, la fonction va calculer les distances entre les données du nouvel étudiant et les étudiants existants ensuite prédire les chances d'admission en se fondant la moyenne des GPA des étudiants les plus proches ainsi que critères d'admission du département choisi.

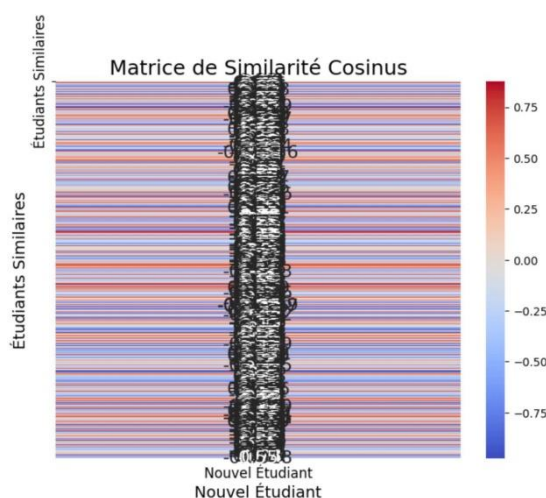


Fig. 13. Matrice de similarité

2.4 DÉPLOIEMENT

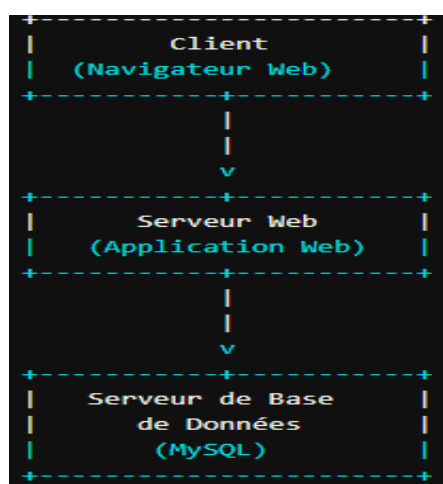


Fig. 14. Déploiement

3 SIMULATION

L'interface utilisateur est programmée sous python grâce à la bibliothèque tkinter, une librairie standard qui permet de concevoir des applications avec des éléments interactifs, des champs de texte, etc. [4] pour notre cas, il nous a fourni une interface utilisateur conviviale pour l'interaction qui permet aux utilisateurs de saisir ses informations afin de prédire son admission dans un département donné en évaluant la similarité des données.

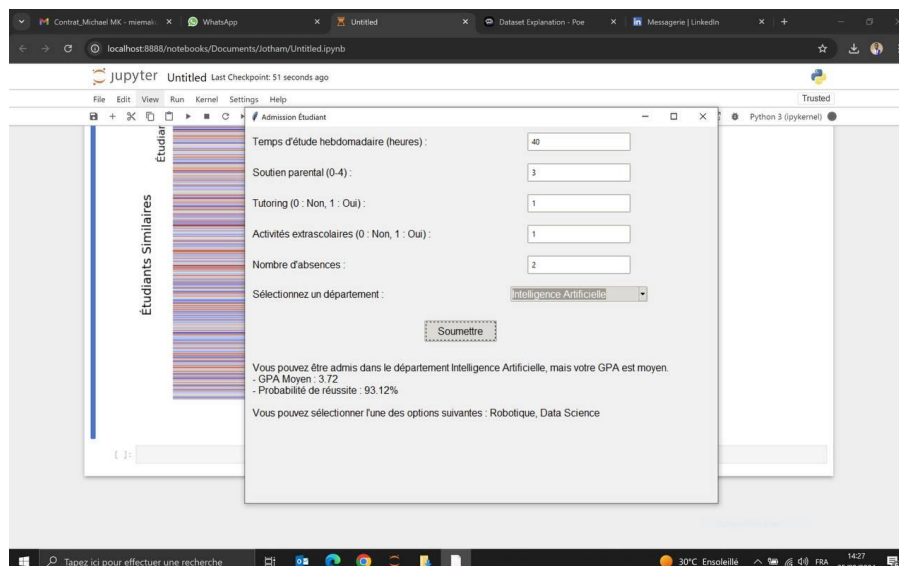


Fig. 15. Réalisation

4 CONCLUSION

Dans notre étude nous avons voulu faciliter le processus d'orientation à l'aide d'algorithme de machine Learning et du profil de l'apprenant, à l'ère de l'émergence technologique. Bien que les conseillers d'orientation effectuent déjà ce travail, nous avons proposé un Framework (modèle) compte tenu du nombre élevé des post bacheliers souhaitant adhérer l'écosystème des sciences informatiques ainsi que des facteurs influençant la réussite. Afin de déterminer les valeurs qui influencent la performance des étudiants, notre variable continu baptisé (y), nous avons testé différents modèles de prédiction [5] tels que la régression logistique et linéaire multiple dont l'un dit que la variable Temps d'étude a un effet significatif sur la variable Réussite et l'autre suggère que le temps d'étude, le soutien parental, le tutorat, la participation extrascolaire et les absences sont des facteurs importants influençant la réussite des étudiants. Après le test de ces deux modèles, nous pouvons remarquer que la régression linéaire multiple a prédit une variable continue (y) à partir de plusieurs variables indépendantes. Par conséquent, nous avons opté pour ce modèle au détriment de la logistique.

Puisqu'il s'agit d'une prédiction de la probabilité, nous ajoutons alors une fonction de similarité qui non seulement évalue la probabilité d'admission en se basant sur des étudiants similaires ainsi que leurs performances, elle fournit également des informations sur le département choisi et leurs exigences en moyenne générale (GPA) qui varie d'un intervalle de 2 à 4 (chaque département est assigné un intervalle de GPA influé par le temps d'étude, le soutien parental, le tutorat, la participation extrascolaire et les absences).

REFERENCES

- [1] Chassagne, C. (2018). L'éducation et l'orientation: Chemins de formation. Paris: Magnard.
- [2] Nguyen, T. N., Lucas, D., Artus, K. G., & Lares, S. (2010). Recommender system for predicting student performance. *procedia Computer Science*.
- [3] Azencott, C. A. (2014). Introduction au Machine Learning.
- [4] Lutz, M. (2013). *Programming Python* (éd. 3ème). Californie: O'Reilly Media.
- [5] Massaron, L. (2016). *Machine Learning* (éd. 1ère). Dummies.

Formalisation algébrique du crible d’Eratosthène

[Algebraic formalization of the sieve of Eratosthenes]

Mushiwalyahyage Zaluka¹, Safari Mukeru², and Déborah Amani Faraja³

¹Département de Mathématique-Physique, Institut Supérieur Pédagogique de Bukavu (ISP, BUKAVU), Bukavu, RD Congo

²Department of Decision Sciences, School of Economics and Financial Sciences, College of Economics and Management Sciences, Université Sud-Africaine (UNISA), Pretoria, South Africa

³Ecole des Mines, Université Officielle de Bukavu (U.O.B), Bukavu, RD Congo

Copyright © 2025 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This paper presents, in algebraic form, the set of prime numbers as obtained by the sieve of Eratosthenes and as contained in an arithmetic progression. In this way, it unifies old and recent studies on prime numbers: Euclid’s theorem, Dirichlet’s theorem, Green-Tao’s theorem, the conjecture of twin primes (generalized by Polignac) and Chebyshev’s Bias Phenomenon. It re-demonstrates the three theorems, solves Chebyshev’s Bias Phenomenon, demonstrates the twin primes conjecture and elucidates Polignac’s conjecture.

KEYWORDS: number, composite, prime, twins, sieve, Eratosthenes, theorem, conjecture.

RESUME: Cet article écrit, sous forme algébrique, l’ensemble des nombres premiers tels qu’ils s’obtiennent par le crible d’Eratosthène et tels qu’ils sont contenus dans une progression arithmétique. De cette manière, il unifie les études, anciennes et récentes, sur les nombres premiers: le théorème d’Euclide, le théorème de Dirichlet, le théorème de Green-Tao, la conjecture des nombres premiers jumeaux (généralisée par Polignac) et le Phénomène de Biais de Tchebychev. Il redémontre les trois théorèmes, résout le Phénomène de Biais de Tchebychev, démontre la conjecture des nombres premiers jumeaux et élucide la conjecture de Polignac.

MOTS-CLEFS: nombre, composé, premier, jumeaux, crible, Eratosthène, théorème, conjecture.

1 INTRODUCTION

Un nombre entier naturel a est dit premier lorsque l’ensemble $\mathcal{D}_a$ de ses diviseurs est une paire; i.e. $a > 1$ et a n’est divisible que par 1 et par lui-même. Deux nombres a et b sont dits étrangers ou premiers entre eux si leur dernier diviseur commun est égal à 1; i.e. $\text{ddc}(a, b) = 1$. L’étude des nombres entiers naturels premiers consiste à en rechercher des propriétés en vue d’établir un certain ordre dans leur répartition parmi leurs homologues entiers naturels.

Il est connu, d’une part, que l’ensemble des nombres entiers naturels premiers est infini (théorème d’Euclide). La démonstration en est purement élémentaire (raisonnement par l’absurde) et l’on peut déterminer, par le crible d’Eratosthène, tous les nombres entiers naturels premiers inférieurs ou égaux à une limite fixée; ce qui conduit à la théorie des cribles. Il est connu, d’autre part, que si a et b sont deux nombres étrangers, alors il existe une infinité des nombres entiers naturels premiers de la forme $ax + b$; $x \in \mathbb{N}$ (théorème de L. Dirichlet). La démonstration en est analytique (en 1838), et inaugure le début de la théorie analytique des nombres. Même élémentaire par A. Selberg (en 1949), la démonstration du théorème de L. Dirichlet

n’a pas de rapport avec celle du théorème d’Euclide. Pourtant, sur le plan algébrique, le premier théorème est un cas particulier du second pour $a = 1$ et $b = 2$; $ddc(1,2) = 1$; i.e. « Il existe une infinité de nombres premiers de la forme $x + 2$; $x \in \mathbb{N}$. »

Par ailleurs, l’étude de la distribution des nombres premiers dans $\mathbb{N}$ ou, mieux, dans $\mathbb{N} \setminus \{0,1\}$, se fait de plus en plus au moyen de l’étude de la différence entre deux nombres premiers consécutifs p_k et p_{k+1} ou non consécutifs p et q . Deux cas particuliers sont en vogue: la conjecture des nombres premiers jumeaux et sa forme faible. La conjecture stipule que: « Est infini, l’ensemble des nombres premiers p_k et p_{k+1} tels que $p_{k+1} - p_k = 2$. » Et, la forme faible de cette conjecture est le théorème de Y. Zhang selon lequel: « Est infini, l’ensemble des nombres premiers p et q tels que $p < q$ et $q - p < 70.10^6$ » [1]. A l’annonce de ce dernier résultat, la Communauté Mathématique Internationale voyait, dans un bref délai, la réduction de l’écart 70.10^6 entre p et q à 3. Certes, l’écart fut abaissé respectivement à 600 par Maynard et à 246 dans un projet Polymath [2]. Néanmoins, il n’est pas encore passé à 3. Entre-temps, la conjecture des nombres premiers jumeaux peut être associée au théorème d’Euclide: « La situation est choquante, car 33 mots suffisent pour démontrer qu’il existe une infinité de nombres premiers. Les deux problèmes sont très proches, mais l’un est facile et, l’autre, bloqué » ([3], p. 232).

Eu égard à ce qui précède, l’étude des liens entre les questions susmentionnées sur les nombres premiers est un problème ouvert et actuel dont nous voudrions contribuer à la résolution par cet article intitulé « Formalisation algébrique du crible d’Eratosthène ».

2 MATERIEL ET METHODES

Comme le titre l’indique, nous retournons à l’origine des nombres premiers: nous supprimons la limite dans le crible d’Eratosthène, en exécutons le processus indéfiniment et écrivons le résultat sous une forme algébrique. Concrètement, nous caractérisons l’ensemble des nombres entiers naturels premiers: nous définissons l’ensemble des nombres entiers naturels composés et en déduisons, par complémentarité dans $\mathbb{N} \setminus \{0,1\}$, l’ensemble des nombres entiers naturels premiers. Cette façon de faire isolerait les nombres premiers pour mieux les étudier. Grâce à la condition pour qu’une partie non vide de l’ensemble $\mathbb{N}$ soit finie ou infinie, nous énonçons la condition pour que sa partie complémentaire dans $\mathbb{N}$ soit finie ou infinie et, cette dernière condition, permet d’appliquer la formalisation algébrique du crible d’Eratosthène à la théorie des nombres.

Par conséquent, le fond de cet article est subdivisé en trois parties. La première est intitulée « Partie finie de l’ensemble $\mathbb{N}$ ». Elle comprend les conditions pour qu’une partie non vide de $\mathbb{N}$ et sa partie complémentaire dans $\mathbb{N}$ soient finies ou infinies. La deuxième partie est intitulée « L’ensemble des nombres entiers naturels composés multiples de p_k ($k \geq 2$) et non multiples de p_i ($1 \leq i \leq k-1$) ». C’est l’ensemble des nombres que l’on barre dans le processus du crible d’Eratosthène. La troisième partie est intitulée « Nombres premiers dans une progression arithmétique ». Elle améliore la deuxième et ouvre aux applications de la formalisation algébrique du crible d’Eratosthène que sont: la ré-démonstration des théorèmes d’Euclide, de Dirichlet et de Green-Tao; la résolution du Phénomène de Biais de Tchebychev; la démonstration de la conjecture des nombres premiers jumeaux et l’élucidation de la conjecture de Polignac.

3 RÉSULTATS

3.1 PARTIE FINIE DE L’ENSEMBLE $\mathbb{N}$

Nous voudrions rappeler la condition pour qu’une partie de $\mathbb{N}$ soit finie, l’adapter à notre sujet et l’appliquer pour démontrer des résultats dans la suite de ce travail.

Théorème 1

Une partie non vide de $\mathbb{N}$ est finie si et seulement si elle est majorée ([4], p. 68).

Théorème 2

Soient A une partie infinie de $\mathbb{N}$ et $B = \mathbb{N} \setminus A$.

(1) B est fini si et seulement s’il existe $q \in \mathbb{N}$ tel que pour tout $q' \in \mathbb{N}$ avec $q' \geq q$, on ait

$$q' \in A$$

(2) B est infini si et seulement si pour tout $q \in \mathbb{N}$, il existe $q' \in \mathbb{N}$ avec $q' \geq q$ tel que $q' \notin A$

Démonstration

D'après le théorème 1, B est fini (resp. infini) si et seulement si B est majoré (resp. n'est pas majoré). En se servant de la définition de la différence des ensembles, on a le théorème 2.

3.2 ENSEMBLE DES NATURELS COMPOSES MULTIPLES DE p_k ET NON MULTIPLES DE p_i

Pour tout entier $k \geq 1$, p_k désignera le nombre premier de rang k . Par exemple $p_1 = 2$, $p_2 = 3$, $p_3 = 5$, etc. De plus, on notera $\pi_k = p_1 \times p_2 \times \dots \times p_k$ et, par M_k , l'ensemble des nombres entiers naturels qui sont multiples composés de p_k et non multiples de p_i pour tous les $i = 1, 2, \dots, k-1$, i.e.

$$M_k = \{x \in \mathbb{N} / x \text{ est multiple de } p_k, \text{ mais pas multiple de } p_i, \text{ pour tout } i = 1, 2, \dots, k-1\}.$$

Théorème 3

Pour tout entier $k \geq 2$,

$$M_k = \bigcup_{p_k \leq p < p_k + \pi_{k-1}} \{(\pi_k)n + p_k p, n \in \mathbb{N}\}$$

Démonstration

Soit un entier $k \geq 2$. Alors $\{n\pi_k ; n \in \mathbb{N}\}$ est l'ensemble des multiples des p_i ($1 \leq i \leq k$).

Considérons $X_m = n\pi_k + m ; n \in \mathbb{N}$. Alors X_m est multiple d'un p_i si et seulement si m l'est. Supposons que m est un multiple composé de p_k , mais n'est multiple d'aucun p_i

($1 \leq i \leq k-1$). Alors il existe $u \in \mathbb{N} \setminus \{0,1\}$ et u non multiple de p_i tel que

$m = up_k$ et $u \geq p_k$ (1). Dans ce cas, $X_m = p_k(n\pi_{k-1} + u)$. Posons $V_u = n\pi_{k-1} + u$. Alors u est le reste de la division euclidienne de V_u par π_{k-1} ; i.e. $0 \leq u < \pi_{k-1}$.

Or, d'après (1), $u \geq p_k$. Donc une translation du reste donne $p_k \leq u < p_k + \pi_{k-1}$ (2). Mais, u n'est multiple d'aucun p_i . Donc u est premier: $u = p$ et $p_k \leq p < p_k + \pi_{k-1}$. Il s'ensuit que $X_m = n\pi_k + p_k p$ ($n \in \mathbb{N}$) et $M_k = \bigcup \{n\pi_k + p_k p, p_k \leq p < p_k + \pi_{k-1}\}$. CQFD

Remarque

On peut aussi écrire $M_k = (\pi_k)\mathbb{N} + \{p_k p : p \text{ premier et } p_k \leq p < p_k + \pi_{k-1}\}$.

Exemples

- $k = 2 \Rightarrow p_1 = 2$ et $p_2 = 3$: $\pi_1 = 2$, $\pi_2 = 6$, $p_2 \leq p < p_2 + \pi_1$ donne $3 \leq p < 5$; i.e. $p = 3$ et $M_2 = \{6n + 9, n \in \mathbb{N}\}$ est l'ensemble des nombres entiers naturels multiples impairs composés de 3.
- $k = 3 \Rightarrow p_1 = 2$, $p_2 = 3$ et $p_3 = 5$: $\pi_2 = 6$, $\pi_3 = 30$, $p_3 \leq p < p_3 + \pi_2$ donne $5 \leq p < 11$; i.e. $p \in \{5, 7\}$ et $M_3 = \{30n + 25, n \in \mathbb{N}\} \cup \{30n + 35, n \in \mathbb{N}\}$
 $= \{30n + 25, 30n + 35; n \in \mathbb{N}\} = 30\mathbb{N} + \{25, 35\}$ est l'ensemble des multiples composés de 5, non multiples de 2 et de 3.
- $k = 4 \Rightarrow p_1 = 2$, $p_2 = 3$, $p_3 = 5$ et $p_4 = 7$: $\pi_3 = 30$, $\pi_4 = 210$,
 $p_4 \leq p < p_4 + \pi_3$ donne $7 \leq p < 37$; i.e. $p \in \{7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31\}$ et
 $M_4 = 210\mathbb{N} + \{49, 77, 91, 119, 133, 161, 203, 217\}$ est l'ensemble des multiples composés de 7, non multiples de 2, 3 et 5.

Cas particulier

En particulier $k = 1 \Rightarrow p_1 = 2$ et $M_1 = \{2n + 4, n \in \mathbb{N}\}$ est l'ensemble des entiers naturels pairs composés.

Corollaire 1

Soit $\mathbb{N}_c$ l'ensemble des entiers naturels composés. Alors $\mathbb{N}_c = \bigcup_{k=1}^{\infty} M_k$

Démonstration

Évident par définition des ensembles M_k .

Corollaire 2

Soit $\mathbb{N}_p$ l'ensemble des nombres entiers naturels premiers. Alors $\mathbb{N}_p = (\mathbb{N} + 2) \setminus \mathbb{N}_c$.

Démonstration

Évident par complémentarité des ensembles $\mathbb{N}_c$ et $\mathbb{N}_p$ dans $\mathbb{N} \setminus \{0, 1\} = \mathbb{N} + 2$.

Remarques

- Le théorème 3 et ses deux corollaires constituent la formalisation algébrique du crible d'Eratosthène.
- La détermination de l'ensemble M_k présente deux inconvénients. Primo, elle exige la connaissance préalable du nombre premier p_k ($k \geq 2$), de tous les nombres premiers p_i ($1 \leq i \leq k - 1$) et p ($p_k \leq p < p_k + \pi_{k-1}$). Ainsi, l'ensemble des nombres composés et celui des nombres premiers s'obtiennent en fonction de nombres premiers. Secundo, le cardinal de l'ensemble $\{p \in \mathbb{N}_p / p_k \leq p < p_k + \pi_{k-1}\}$ augmente rapidement avec la valeur de $p_k + \pi_{k-1}$. Pour les contourner, nous recourons à la détermination des nombres premiers contenus dans une progression arithmétique.

3.3 NOMBRES PREMIERS DANS UNE PROGRESSION ARITHMETIQUE**3.3.1 PROGRESSION ARITHMETIQUE ET CONGRUENCE MODULO UN ENTIER**

$\forall a \in \mathbb{N}^*$, l'ensemble des classes résiduelles modulo a est noté et défini par:

$$\mathbb{Z}/a\mathbb{Z} = \mathbb{Z}_a = \{\dot{0}, \dot{1}, \dots, a - 1\}; \text{ avec } \dot{0} = a\mathbb{Z}, \dot{1} = a\mathbb{Z} + 1, \dots, a - 1 = a\mathbb{Z} + a - 1.$$

Il est connu que $(\mathbb{Z}_a, \otimes)$ n'est pas un groupe. Mais si a est premier, alors $(\mathbb{Z}_a^*, \otimes)$ est un groupe abélien; avec $\mathbb{Z}_a^* = \mathbb{Z}_a \setminus \{\dot{0}\}$. Dans ce cas, a est premier avec $1, 2, \dots, a - 1$.

Il s'ensuit que $(\mathbb{Z}_a^*, \otimes)$ est un cas particulier du cas général suivant:

Théorème 4

Soit $\mathcal{H}_a = \{\dot{z} \in \mathbb{Z}_a / ddc(a, z) = 1\}$. Alors on a

- $\text{Card } \mathcal{H}_a = \varphi(a)$; avec φ l'indicateur d'EULER.
- $(\mathcal{H}_a, \otimes)$ est un groupe commutatif

Démonstration:

Par définition de $\mathcal{H}_a$ et de $\varphi(a)$, (1) est trivial. Aussi, (2) est connu ([5], pp. 81-82)

Conséquence

L'étude des cas particuliers montre que, dans $\mathcal{H}_2, H_3, \mathcal{H}_4, H_6, \mathcal{H}_8, \mathcal{H}_{12}$ et $\mathcal{H}_{24}$ tout élément est involutif (symétrique de lui-même). Sont-ils les seuls groupes, de ce genre, qui possèdent cette caractéristique? Pour répondre à cette question, nous avons besoin des lemmes suivants:

Lemme 1

Soit p_k le nombre premier de rang k . Alors $\forall k \in \mathbb{N} \setminus \{0, 1\}, p_k < 2^k$ [6].

Lemme 2

$$\forall n \in \mathbb{N} \text{ et } n \geq 6, 4^{n+1} < \prod_{j=1}^n p_j.$$

Démonstration

- $n = 6 \Rightarrow 4^{6+1} = 4^7 = 16384$ et $\prod_{j=1}^6 p_j = 2.3.5.7.11.13 = 30030$:
 $16384 < 30030$; ce qui traduit que la propriété est vraie pour $n = 6$.
- Supposons que $4^{n+1} < \prod_{j=1}^n p_j$ et montrons que $4^{n+2} < \prod_{j=1}^{n+1} p_j$.
 $4^{n+2} = 4.4^{n+1} < 4. \prod_{j=1}^n p_j$ (1)
Or, $\forall n \geq 6, 4 < p_{n+1}$. Donc $4. \prod_{j=1}^n p_j < p_{n+1} \prod_{j=1}^n p_j = \prod_{j=1}^{n+1} p_j$ (2)

Par suite, (1) et (2) donnent $4^{n+2} < \prod_{j=1}^{n+1} p_j$.

Théorème 5

Tout élément de $\mathcal{H}_a$ est involutif si et seulement si $a \in \{2, 3, 4, 6, 8, 12, 24\}$.

Démonstration

- $\forall n \in \mathbb{N}, ddc(2, 2n+5) = 1: \dot{2} \in \mathbb{N}_{2n+5}$ et $\dot{2} \otimes \dot{2} = \dot{4} \neq \dot{1}$.
- $\forall n \in \mathbb{N}, 6n+10$ et $6n+14$ sont étrangers avec 3: $\dot{3} \in \mathbb{N}_{6n+10}, \dot{3} \in \mathbb{N}_{6n+14}$ et $\dot{3} \otimes \dot{3} = \dot{9} \neq \dot{1}$.
- $\forall n \in \mathbb{N}, 30n+18, 30n+36, 30n+42$ et $30n+54$ sont étrangers avec 5: $\dot{5} \in \mathbb{N}_{30n+18}, \dot{5} \in \mathbb{N}_{30n+36}, \dot{5} \in \mathbb{N}_{30n+42}, \dot{5} \in \mathbb{N}_{30n+54}$ et $\dot{5} \otimes \dot{5} = \dot{25} \neq \dot{1}$.
- $\forall n \in \mathbb{N}, 210n+30, 210n+60, 210n+90, 210n+120, 210n+150$ et $210n+180$ sont étrangers avec 7: $\dot{7} \in \mathbb{N}_{210n+30}, \dot{7} \in \mathbb{N}_{210n+60}, \dot{7} \in \mathbb{N}_{210n+90}, \dot{7} \in \mathbb{N}_{210n+120}, \dot{7} \in \mathbb{N}_{210n+150}, \dot{7} \in \mathbb{N}_{210n+180}$ et $\dot{7} \otimes \dot{7} = \dot{49} \neq \dot{1}$.
- Raisonnement analogue pour les progressions arithmétiques de raison 2310, avec $\dot{11} \otimes \dot{11} = \dot{121} \neq \dot{1}$ et pour les progressions arithmétiques de raison 30030, avec $\dot{13} \otimes \dot{13} = \dot{169} \neq \dot{1}$.
- Soient $m \in \mathbb{N} (m \geq 6)$ et $n \in \mathbb{N}$. Considérons l'entier naturel $q_m = (1+r+np_{m+1})\pi_m$; avec $\pi_m = \prod_{k=1}^m p_k$ et $r \in \mathbb{N} (0 \leq r \leq p_{m+1}-2)$ et p_k le nombre entier naturel premier de rang k .

Démontrons que $p_{m+1} \in \mathbb{N}_{q_m}$ et $p_{m+1} \otimes p_{m+1} \neq \dot{1}$.

1. Par construction, $p_{m+1} < q_m$ et $ddc(p_{m+1}, q_m) = 1$; i.e. $p_{m+1} \in \mathbb{N}_{q_m}$.
2. D'après le lemme 1, $p_{m+1} < 2^{m+1}$ et, en élevant les deux membres au carré, on a $p_{m+1}^2 < 4^{m+1}$.

Or, d'après le lemme 2, $\forall m \in \mathbb{N}$ et $m \geq 6, 4^{m+1} < \pi_m$. Donc $p_{m+1}^2 < \pi_m$.

Mais, $\pi_m < (1+r+np_{m+1})\pi_m = q_m$. Donc $p_{m+1}^2 < q_m$.

Par suite $p_{m+1} \otimes p_{m+1} = \overline{p_{m+1}^2} \neq \dot{1}$. CQFD

3.3.2 RESTRICTION À L'ENSEMBLE $\mathbb{N}$

Exploitions la multiplication des classes dans $\mathcal{H}_a$ en la particulierisant à l'ensemble $\mathbb{N}_a = \{\dot{z} \in \mathbb{N} / \dot{z} \in \mathcal{H}_a\}$. Pour des raisons pratiques, remplaçons la classe de 1 par la classe de $a+1$ (ces deux classes sont égales). Posons $E_i = \{ax + b_i; x \in \mathbb{N}\}$,

$E = \{E_i; 1 \leq i \leq \varphi(a)\}$ et $G = \{E_i E_j; 1 \leq i \leq j \leq \varphi(a)\}$; avec $ddc(a, b_i) = 1$.

Il est évident que $E_i = \dot{b}_i (1 < b_i \leq a+1)$. Ainsi, $E = \mathbb{N}_a$ et $\text{card } G = \frac{\varphi(a)[1+\varphi(a)]}{2}$

Exemples

❖ $a = 5 \Rightarrow E_1 = \{5x+2\} = \dot{2}, E_2 = \{5x+3\} = \dot{3}, E_3 = \{5x+4\} = \dot{4}$ et

$E_4 = \{5x+6\} = \dot{6} : \mathbb{N}_5 = \{\dot{2}, \dot{3}, \dot{4}, \dot{6}\} = \{E_1, E_2, E_3, E_4\} = E$ et

$G = \{E_1 E_1, E_1 E_2, E_1 E_3, E_1 E_4, E_2 E_2, E_2 E_3, E_2 E_4, E_3 E_3, E_3 E_4, E_4 E_4\}$.

❖ $a = 6 \Rightarrow E_1 = \{6x+5\} = \dot{5}$ et $E_2 = \{6x+7\} = \dot{7} : \mathbb{N}_6 = \{\dot{5}, \dot{7}\} = \{E_1, E_2\} = E$ et

$G = \{E_1 E_1, E_1 E_2, E_2 E_2\}$.

❖ $a = 2 \Rightarrow E_1 = \{2x+3\} = \dot{3} : \mathbb{N}_2 = \{\dot{3}\} = E$ et $G = \{E_1 E_1\}$.

3.3.3 ENSEMBLE DES NOMBRES PREMIERS CONTENUS DANS UNE PROGRESSION ARITHMETIQUE

3.3.3.1 PRÉLIMINAIRES

Théorème 6

Soient $a \in \mathbb{N}^*$; $b, c \in \mathbb{N} \setminus \{0, 1\}$ tels que $ddc(a, bc) = 1$. Définissons l'ensemble

$A = \{axy + bx + cy; (x, y) \in \mathbb{N} \times \mathbb{N}\}$. Alors $\mathbb{N} \setminus A \neq \emptyset$.

Démonstration

Il est évident que $A \subset \mathbb{N}$. Pour démontrer que $\mathbb{N} \setminus A \neq \emptyset$, il suffit d'exhiber au moins un élément de l'ensemble $\mathbb{N}$ qui n'est pas élément de l'ensemble A . L'ensemble $\mathbb{N}$ étant totalement ordonné par la relation $\leq$, déterminons les premiers éléments de l'ensemble A en faisant varier x et y dans l'ensemble $\mathbb{N}$. Alors on a

$$A = \{0, c, 2c, 3c, 4c, b, a + b + c, 2a + b + 2c, 3a + b + 3c, 4a + b + 4c, \dots\}.$$

Or, $a \in \mathbb{N}^*$; $b, c \in \mathbb{N} \setminus \{0, 1\}$. Donc, par exemple, $1 \in \mathbb{N}$ et $1 \notin A$. CQFD

Remarque

Si la résolution de l'équation diophantienne $axy + bx + cy = d$ dans $\mathbb{N} \times \mathbb{N}$ est préalablement connue, le lemme suivant démontre automatiquement le théorème 6.

Lemme : Soient $a \in \mathbb{N}^*$; $b, c \in \mathbb{N} \setminus \{0, 1\}$ tels que $ddc(a, bc) = 1$. Alors l'équation

$axy + bx + cy = 1$ est impossible dans $\mathbb{N} \times \mathbb{N}$.

Démonstration

$$axy + bx + cy = 1 \quad (1)$$

$$\Leftrightarrow bc(axy + bx + cy) = bc.$$

$$\Leftrightarrow a(bx)(cy) + bc(bx + cy) = bc \quad (2)$$

Posons $S = bx + cy$ et $P = (bx)(cy)$. Alors (2) devient:

$$aP + bcS = bc \quad (3)$$

$$\Leftrightarrow P = bck \text{ et } S = 1 - ak; k \in \mathbb{Z}$$

$$S \in \mathbb{N} \Leftrightarrow 1 - ak \geq 0 \Leftrightarrow ak \leq 1 \Leftrightarrow k = 0 \text{ ou } a = 1 \text{ et } k = 1.$$

❖ $k = 0 \Rightarrow P = 0$ et $S = 1 \Rightarrow bx = 1$ et $cy = 0$ ou $bx = 0$ et $cy = 1$; ce qui est impossible dans $\mathbb{N}$, car $b, c \in \mathbb{N} \setminus \{0, 1\}$.

❖ $a = 1$ et $k = 1 \Rightarrow P = bc$ et $S = 0$: bx et cy n'existent pas dans $\mathbb{N}$; x et y aussi car $b, c \in \mathbb{N} \setminus \{0, 1\}$.

Proposition 1

$\forall \dot{x}, \dot{y} \in \mathbb{N}_a, \dot{x} \otimes \dot{y} \subset \hat{\dot{x}} \cdot \hat{\dot{y}}$ strictement; i.e. $\dot{x} \otimes \dot{y} \neq \hat{\dot{x}} \cdot \hat{\dot{y}}$

Démonstration

Soient $\dot{x}, \dot{y} \in \mathbb{N}_a$. Alors $\dot{x} = a\mathbb{N} + x, \dot{y} = a\mathbb{N} + y$ et $\dot{x} \otimes \dot{y} = (a\mathbb{N} + x)(a\mathbb{N} + y)$; avec $ddc(a, x) = 1$ et $ddc(a, y) = 1$.

Soit $r \in \dot{x} \otimes \dot{y}$. Alors $\exists u, v \in \mathbb{N} / r = (au + x)(av + y)$;

i.e. $r = a^2uv + auv + avx + xy = a(auv + uy + vx) + xy \in \hat{\dot{x}} \cdot \hat{\dot{y}} \pmod{a}$.

D'où $\dot{x} \otimes \dot{y} \subset \hat{\dot{x}} \cdot \hat{\dot{y}}$

Inversement, soit $m \in \hat{\dot{x}} \cdot \hat{\dot{y}}$. Alors $\exists n \in \mathbb{N} / m = an + xy$.

Supposons, par l'absurde, que $m \in \dot{x} \otimes \dot{y}$. Alors $\exists s, t \in \mathbb{N} / m = a(ast + sy + tx) + xy$ et en identifiant, on a $ast + sy + tx = n \quad \forall m = an + xy$; avec $ddc(a, x) = 1$ et

$$ddc(a, y) = 1; \text{ i.e. } ddc(a, xy) = 1.$$

Ainsi, $\{ast + ys + xt\} = \mathbb{N}$; avec $ddc(a, xy) = 1$; ce qui contredit le théorème 6.

Exemple

Si $a = 3$, alors $\mathbb{N}_3 = \{2, 4\} = \{3\mathbb{N} + 2, 3\mathbb{N} + 4\} : 2 \otimes 4 \subset 2$ et $2 \otimes 4 \neq 2$.

En effet, $(3s + 2)(3t + 4) = 9st + 12s + 6t + 8 = (9st + 12s + 6t + 6) + 2$

$= 3(3st + 4s + 2t + 2) + 2 \in 2$.

Par contre, $\{3st + 4s + 2t + 2\} = \{(3t + 4)s + 2t + 2\} = \{2t + 2, 5t + 6, 8t + 10, 11t + 14, \dots\}$

$= \{2, 4, 6, 8, 10, 12, \dots, 6, 11, 16, 21, 26, 31, 36, \dots, 10, 18, 26, 34, 42, \dots, 14, 25, 36, 47, \dots\}$

$= \{2, 4, 6, 8, 10, 11, 12, 14, \dots\} : \mathbb{N} \setminus \{3st + 4s + 2t + 2\} = \{0, 1, 3, 5, 7, 9, 13, \dots\} \neq \emptyset$; i.e.

$2, 5, 11, 17, 23, 41, \dots$ appartiennent à 2 , mais n'appartiennent pas à $2 \otimes 4$.

3.3.3.2 PRINCIPE

$E_i = \{ax + b_i; x \in \mathbb{N}\}$, $E = \{E_i; 1 \leq i \leq \varphi(a)\}$ et $G = \{E_i E_j; 1 \leq i \leq j \leq \varphi(a)\}$; avec $ddc(a, b_i) = 1$.

Définissons, dans G , la relation $\mathfrak{R}$ par $E_i E_j \mathfrak{R} E_k E_l \Leftrightarrow \exists E_m \in E / E_i E_j \subset E_m$ et $E_k E_l \subset E_m$.

Par définition, $\mathfrak{R}$ est une relation d'équivalence dans G . Si on simplifie la notation par

$\hat{E}_i E_j = E_m = \{E_i E_j \in G / E_i E_j \subset E_m\}$, alors on obtient $G/\mathfrak{R} = \{\hat{E}_i; 1 \leq i \leq \varphi(a)\}$ et $\text{card } G/\mathfrak{R} = \text{card } E$. Soit $\mathbb{N}_{pc}(E_i)$ l'ensemble des nombres premiers contenus dans E_i . Alors $\mathbb{N}_{pc}(E_i) = \{n \in \mathbb{N} / n \in N_p \text{ et } n \in E_i\} = \mathbb{N}_p \cap E_i$ et on a le résultat suivant.

Théorème fondamental

$\mathbb{N}_{pc}(E_i) = E_i \setminus \dot{E}_i$.

Démonstration

Soit $z \in \mathbb{N}_{pc}(E_i)$. Alors, par définition, $z \in E_i$ et $z \in \mathbb{N}_p$; i.e. $z \in E_i$ et $z \notin \dot{E}_i$;

i.e. $z \in E_i \setminus \dot{E}_i$. D'où $\mathbb{N}_{pc}(E_i) \subset E_i \setminus \dot{E}_i$.

Réciproquement, soit $z \in E_i \setminus \dot{E}_i$. Alors $z \in E_i$ et $z \notin \dot{E}_i$. Supposons, par l'absurde, que z est un nombre entier naturel composé. Alors $\exists j \in [1, \varphi(a)] \cap \mathbb{N} / i \neq j$ et $z \in \dot{E}_j$;

i.e. $\exists E_k E_l \subset E_j / z \in E_k E_l$; i.e. $\exists u, v \in \mathbb{N} / z = (au + b_k)(av + b_l)$; i.e.

$z = a^2 uv + ab_l u + ab_k v + b_l b_k$. En effectuant la division euclidienne de $b_l b_k$ par a ,

$b_l b_k = ac_j + b_j$ et $z = a(auv + b_l u + b_k v + c_j) + b_j$; ce qui traduit que $z \in E_j$.

Or, $z \in E_i$. Donc $z \in E_i \cap E_j$; ce qui contredit le fait que $E_i \cap E_j = \emptyset$. Par suite, la supposition est fautive; z est plutôt un nombre entier naturel premier de E_i ; i.e. $z \in \mathbb{N}_{pc}(E_i)$.

D'où $E_i \setminus \dot{E}_i \subset \mathbb{N}_{pc}(E_i)$. CQFD

Corollaire

$\mathbb{N}_{pc}(E_i) = E_i \setminus \dot{E}_i \Leftrightarrow \bigcup [\mathbb{N}_{pc}(E_i)] = \bigcup (E_i \setminus \dot{E}_i) = (\bigcup E_i) \setminus (\bigcup \dot{E}_i)$; $1 \leq i \leq \varphi(a)$.

Démonstration

- $\mathbb{N}_{pc}(E_i) = E_i \setminus \dot{E}_i \Rightarrow \bigcup [\mathbb{N}_{pc}(E_i)] = \bigcup (E_i \setminus \dot{E}_i)$ (Compatibilité de l'égalité avec la réunion).
- $\bigcup [\mathbb{N}_{pc}(E_i)] = \bigcup (E_i \setminus \dot{E}_i) \Rightarrow \mathbb{N}_{pc}(E_i) = E_i \setminus \dot{E}_i$, car $[\mathbb{N}_{pc}(E_i)] \cap [\mathbb{N}_{pc}(E_j)] = \emptyset$ et $(E_i \setminus \dot{E}_i) \cap (E_j \setminus \dot{E}_j) = \emptyset$.
- $\bigcup (E_i \setminus \dot{E}_i) = (\bigcup E_i) \setminus (\bigcup \dot{E}_i)$, car $\forall i \in [1, \varphi(a)] \cap \mathbb{N}, \dot{E}_i \subset E_i$ et, $\forall i \neq j, E_i \cap E_j = \emptyset$ (Un cas particulier où la réunion est distributive par rapport à la différence).

Remarque

Le théorème fondamental améliore la forme algébrique du crible d'Ératosthène.

En effet, soient $ETR(a)$ l'ensemble des nombres entiers naturels premiers avec a et $n_a = \min_{1 \leq i \leq \varphi(a)} \{b_i\}$. Alors

- $E = \{E_i; 1 \leq i \leq \varphi(a)\}$ est une partition de $ETR(a)$.

Ainsi, $ETR(a) = \bigcup \{E_i; 1 \leq i \leq \varphi(a)\}$

$$ETR(a) \subset \mathbb{N} \setminus \{0, 1, \dots, n_a - 1\}$$

- La primalité subdivise $ETR(a)$ en deux classes:
 - La classe des nombres entiers naturels premiers; l'ensemble $\bigcup [\mathbb{N}_{pc}(E_i)]$.
 - La classe des nombres entiers naturels composés; l'ensemble $\bigcup \dot{E}_i$.

3.3.3.3 CONSÉQUENCE: THÉORÈME DE GREEN-TAO**a) Énoncé**

« La suite des nombres premiers contient des suites arithmétiques arbitrairement longues. » [7]

b) Interprétation

Pour un nombre entier naturel quelconque k , il existe une suite arithmétique de k termes formée uniquement de nombres premiers. Sous cette forme, le théorème de Green-Tao devient, pratiquement, un cas particulier de notre théorème fondamental.

c) Nouvel énoncé

Soient $E_i = \{ax + b_i\}$; avec $b_i \in \mathbb{N}_p$ et $1 \leq i \leq \varphi(a)$; m_i le plus petit élément de $\dot{E}_i$ pour i fixé et $p\mathbb{N}_{pc}(E_i)$ l'ensemble des « Premiers nombres premiers contenus dans E_i ». Alors on a

$$p\mathbb{N}_{pc}(E_i) = \{n \in \mathbb{N}_{pc}(E_i) / b_i \leq n < m_i\}.$$

Démonstration

Évident. D'après le théorème fondamental, $\mathbb{N}_{pc}(E_i) = E_i \setminus \dot{E}_i$. Comme $b_i \in \mathbb{N}_p$, m_i est le premier nombre entier naturel composé de E_i . Ainsi, tous les éléments de E_i , qui précèdent m_i , sont des nombres entiers naturels premiers.

d) Remarques

- 1) Si $m = \text{card} [p\mathbb{N}_{pc}(E_i)]$, alors m dépend de b_i et de m_i ; i.e. m est arbitraire: la longueur d'une suite des premiers nombres premiers successifs d'une progression arithmétique est arbitraire.
- 2) Si b_i est composé, alors $m_i = b_i$, $p\mathbb{N}_{pc}(E_i) = \emptyset$ et $m = 0$.
- 3) La suite arithmétique de k termes formée uniquement de nombres premiers peut ne pas commencer par le premier terme de $E_i = \{ax + b_i\}$. Mais, une translation la ramènerait au cas susmentionné (nouvel énoncé).

e) Exemples

- $a = 6 \Rightarrow \mathbb{N}_6 = \{\dot{5}, \dot{7}\} : E = \{E_1, E_2\}$ et $G = \{E_1E_1, E_1E_2, E_2E_2\}$; avec $E_1 = \{6x + 5\}$ et $E_2 = \{6x + 7\}$. $E_1E_1 \subset E_2$, $E_1E_2 \subset E_1$ et $E_2E_2 \subset E_2$; $\dot{E}_1 = \{E_1E_2\}$ et $\dot{E}_2 = \{E_1E_1, E_2E_2\}$.

$$\begin{aligned} \diamond \mathbb{N}_{pc}(E_1) &= E_1 \setminus \dot{E}_1 = E_1 \setminus \{E_1E_2\} \text{ et } \mathbb{N}_{pc}(E_2) = E_2 \setminus \dot{E}_2 = E_2 \setminus \{E_1E_1, E_2E_2\} \\ &= E_2 \setminus (E_1E_1 \cup E_2E_2). \end{aligned}$$

$$\diamond n_6 = \min_{1 \leq i \leq \varphi(6)} \{b_i\} = \min_{1 \leq i \leq 2} \{b_i\} = \min\{5, 7\} = 5 \text{ et } ETR(6) \subset \mathbb{N} \setminus \{0, 1, \dots, 4\}.$$

$$\diamond 5 \in \mathbb{N}_p \text{ et } 7 \in \mathbb{N}_p \Rightarrow m_1 = \min\{35\} = 35 : p\mathbb{N}_{pc}(E_1) = \{5, 11, 17, 23, 29\} \text{ et } m = 5.$$

$$\text{Aussi, } m_2 = \min\{25, 49\} = 25 : p\mathbb{N}_{pc}(E_2) = \{7, 13, 19\} \text{ et } m = 3.$$

- Pour $a = 5$, $E_3 = \{5x + 4\}$ possède le même nombre des nombres entiers naturels premiers que $E'_3 = \{5x + 19\}$. Même chose pour $E_4 = \{5x + 6\}$ et $E'_4 = \{5x + 11\}$.

3.3.3.4 EXPLICITATION

Soit $E_i = \{az + b_i\}$; avec $z \in \mathbb{N}$ et $\text{ddc}(a, b_i) = 1$.

Posons $E_l = \{ax + b_l\}$ et $E_k = \{ay + b_k\}$ pour avoir $E_l E_k = a^2 xy + ab_k x + ab_l y + b_l b_k$
 $= a(ax y + b_k x + b_l y + c_{lk}) + b_i$; avec c_{lk} et b_i respectivement le quotient et le reste de la division euclidienne de $b_l b_k$ par a .

Le nombre de ces produits est fini: il existe $m \in \mathbb{N}$ ($1 \leq m \leq \varphi(a)$) tel que

$$E_l = \bigcup_{l,k} (E_l E_k); 1 \leq l \leq k \leq m.$$

Posons $H_{lk} = \{axy + b_k x + b_l y + c_{lk}\}$ et $H(a, i) = \bigcup \{H_{lk}; 1 \leq l \leq k \leq m\}$.

Proposition 2

$$\mathbb{N}_{pc}(E_i) = \{az + b_i, z \in \mathbb{N} \setminus H(a, i)\}.$$

$$= (a\mathbb{N} + b_i) \setminus [aH(a, i) + b_i].$$

Corollaire

$\mathbb{N}_{pc}(E_i)$ est infini (respectivement fini) si et seulement si $\mathbb{N} \setminus H(a, i)$ est infini (respectivement fini).

Remarque

Concrètement, les ensembles H_{lk} ($1 \leq l \leq k \leq m$) sont:

$$H_{11} = \{axy + b_1 x + b_1 y + c_{11}\}, H_{12} = \{axy + b_2 x + b_1 y + c_{12}\}, \dots,$$

$$H_{1m} = \{axy + b_m x + b_1 y + c_{1m}\}, H_{22} = \{axy + b_2 x + b_2 y + c_{22}\}, \dots,$$

$$H_{2m} = \{axy + b_m x + b_2 y + c_{2m}\}, \dots, H_{mm} = \{axy + b_m x + b_m y + c_{mm}\}.$$

Exemple

$$a = 6 \Rightarrow E_1 = \{6x + 5\} \text{ et } E_2 = \{6x + 7\} : H_{11} = \{6xy + 6x + 6y + 3\},$$

$$H_{12} = \{6xy + 7x + 5y + 5\} \text{ et } H_{22} = \{6xy + 7x + 7y + 7\}; H(6,1) = H_{12} \text{ et}$$

$$H(6,2) = H_{11} \cup H_{22}.$$

$$\mathbb{N}_{pc}(E_1) = \{6z + 5, z \in \mathbb{N} \setminus H(6,1)\} = (6\mathbb{N} + 5) \setminus [6H(6,1) + 5].$$

$$\mathbb{N}_{pc}(E_2) = \{6z + 7, z \in \mathbb{N} \setminus H(6,2)\} = (6\mathbb{N} + 7) \setminus [6H(6,2) + 7].$$

Théorème 7 (de DIRICHLET)

L'ensemble $\mathbb{N}_{pc}(E_i)$ est infini.

Démonstration:

Supposons, par l'absurde, que $\mathbb{N}_{pc}(E_i)$ est fini. Alors, d'après le corollaire de la proposition 2, $\mathbb{N} \setminus H(a, i)$ est fini et, d'après le théorème 2,

$$\exists q \in \mathbb{N} / \forall q' \in \mathbb{N} \text{ et } q' \geq q, \text{ on ait } q' \in H(a, i).$$

$$\text{Or, } q' \geq q \Leftrightarrow \exists u \in \mathbb{N} / q' = q + u \Leftrightarrow u = q' - q \in \mathbb{N}.$$

$$\text{Et } q \in H(a, i) \Leftrightarrow \exists x, y \in \mathbb{N} / q' = axy + b_1 x + b_1 y + c_{11} \text{ ou... ou}$$

$$q' = axy + b_m x + b_m y + c_{mm}.$$

$$\text{Donc } u = axy + b_1 x + b_1 y + c_{11} - q \text{ ou... ou } u = axy + b_m x + b_m y + c_{mm} - q.$$

$$\text{Par suite, les ensembles } \mathbb{N}_q = \{q \in \mathbb{N} / q' \geq q\} \text{ et } H(a, i)_q = \{q'' \in H(a, i) / q'' \geq q\} \text{ vérifient } \mathbb{N}_q = H(a, i)_q$$

$$= \{q + u, u \in \mathbb{N}\}.$$

Soient x_q et y_q des nombres entiers naturels tels que $q = ax_q y_q + b_1 x_q + b_1 y_q + c_{11}$ ou... ou $q = ax_q y_q + b_m x_q + b_m y_q + c_{mm}$. Posons $x = z + x_q$ et $y = v + y_q$. Alors, $\forall u \in \mathbb{N}, u = avz + (ax_q + b_1)v + (ay_q + b_1)z$ ou... ou

$u = avz + (ax_q + b_m)v + (ay_q + b_m)z$; avec $ddc[a, (ax_q + b_l)(ay_q + b_k)] = 1$; ce qui contredit le théorème 6.

D'où la supposition est fautive; l'ensemble $\mathbb{N} \setminus H(a, i)$ est plutôt infini et il en est de même de l'ensemble $\mathbb{N}_{pc}(E_i)$. CQFD

Remarques

- Non seulement la démarche algébrique montre que $\mathbb{N}_{pc}(E_i)$ est infini, mais aussi et surtout elle en donne la détermination.
- Dans la suite et pour a fixé dans $\mathbb{N}^*$, nous définissons les ensembles

$$S(a, i, q) = H(a, i) - q.$$

3.3.3.5 PHÉNOMÈNE DE BIAIS DE TCHEBYCHEV

a) Problème

Tchebychev ou Tchebyscheff a constaté qu'il semblait exister une prédominance assez sensible des nombres premiers de la forme $4x + 3$ par rapport à ceux de la forme $4x + 5$ (théorème d'oscillation). Ce constat est actuellement étudié sous l'appellation de « Phénomène de Biais de Tchebychev » et formulé de la manière suivante: les nombres premiers de l'une des formes $4x + 3$ et $4x + 5$ sont-ils plus rares que ceux de l'autre forme ? [8]

b) Résolution: Corollaire du théorème fondamental

Le « Phénomène de Biais de Tchebychev » est un corollaire de notre théorème fondamental. Par ailleurs, le constat de Tchebychev n'est plus unique; il se justifie par la définition des ensembles $\mathbb{N}_{pc}(E_i)$:

- Si $\text{Card } \dot{E}_i < \text{Card } \dot{E}_j$, alors la densité des nombres entiers naturels premiers est plus grande dans $\mathbb{N}_{pc}(E_i)$ que dans $\mathbb{N}_{pc}(E_j)$; $i \neq j$.
- Si $\text{Card } \dot{E}_i = \text{Card } \dot{E}_j$, alors les ensembles $\mathbb{N}_{pc}(E_i)$ et $\mathbb{N}_{pc}(E_j)$ ont la même densité; $i \neq j$.

En effet, d'après le théorème fondamental, $\mathbb{N}_{pc}(E_i) = E_i \setminus \dot{E}_i$ et $\mathbb{N}_{pc}(E_j) = E_j \setminus \dot{E}_j$. Supposons que $\text{Card } \dot{E}_i < \text{Card } \dot{E}_j$. Alors le nombre de(s) produit(s) $E_k E_l$ contenu(s) dans E_i est inférieur à celui de(s) produit(s) $E_k E_l$ contenu(s) dans E_j . Les ensembles E_i et E_j étant de même nature et, les produits $E_k E_l$, de même nature dans $\mathbb{N}$, les éléments de $\mathbb{N}_{pc}(E_j)$ sont plus rares que ceux de $\mathbb{N}_{pc}(E_i)$: E_j renferme plus de nombres entiers naturels composés que E_i . Par ailleurs, si $\text{Card } \dot{E}_i = \text{Card } \dot{E}_j$, alors les ensembles E_i et E_j renferment le même nombre des nombres entiers naturels composés.

c) Exemples

- $a = 4 \Rightarrow E_1 = \{4x + 3\}$ et $E_2 = \{4x + 5\}$. $\mathbb{N}_{pc}(E_1) = E_1 \setminus \dot{E}_1 = E_1 \setminus \{E_1 E_2\}$
 $= E_1 \setminus (E_1 E_2)$ et $\mathbb{N}_{pc}(E_2) = E_2 \setminus \dot{E}_2 = E_2 \setminus \{E_1 E_1, E_2 E_2\} = E_2 \setminus [(E_1 E_1) \cup (E_2 E_2)]$:

$\dot{E}_1$ comprend un seul produit tandis que $\dot{E}_2$ comprend deux produits et la répartition des éléments de E_1 est plus dense que celle des éléments de E_2 .

- On observe la même chose pour $a = 6$: $E_1 = \{6x + 5\}$ et $E_2 = \{6x + 7\}$.
 $\mathbb{N}_{pc}(E_1) = E_1 \setminus \dot{E}_1 = E_1 \setminus \{E_1 E_2\} = E_1 \setminus (E_1 E_2)$ et $\mathbb{N}_{pc}(E_2) = E_2 \setminus \dot{E}_2$
 $= E_2 \setminus \{E_1 E_1, E_2 E_2\} = E_2 \setminus [(E_1 E_1) \cup (E_2 E_2)]$: $\dot{E}_1$ comprend un seul produit tandis que $\dot{E}_2$ comprend deux produits, de sorte que la répartition des éléments de E_1 soit plus dense que celle des éléments de E_2 .
- $a = 5 \Rightarrow E_1 = \{5x + 2\}$, $E_2 = \{5x + 3\}$, $E_3 = \{5x + 4\}$ et $E_4 = \{5x + 6\}$.
 $\mathbb{N}_{pc}(E_1) = E_1 \setminus \{E_1 E_4, E_2 E_3\} = E_2 \setminus [(E_1 E_4) \cup (E_2 E_3)]$, $\mathbb{N}_{pc}(E_2) = E_2 \setminus \{E_1 E_3, E_2 E_4\}$
 $= E_2 \setminus [(E_1 E_3) \cup (E_2 E_4)]$, $\mathbb{N}_{pc}(E_3) = E_3 \setminus \{E_1 E_1, E_2 E_2, E_3 E_4\}$
 $= E_3 \setminus [(E_1 E_1) \cup (E_2 E_2) \cup (E_3 E_4)]$ et $\mathbb{N}_{pc}(E_4) = E_4 \setminus \{E_1 E_2, E_3 E_3, E_4 E_4\}$
 $= E_4 \setminus [(E_1 E_2) \cup (E_3 E_3) \cup (E_4 E_4)]$.

Ainsi, les nombres premiers de la forme $5x + 2$ et de la forme $5x + 3$ se répartissent de la même manière. Aussi, les nombres premiers de la forme $5x + 4$ et de la forme $5x + 6$ se répartissent de la même manière. Par contre, il existe une prédominance assez sensible des nombres premiers de la forme $5x + 2$ et de la forme $5x + 3$ par rapport à ceux de la forme $5x + 4$ et de la forme $5x + 6$.

d) Remarque

Lorsque le nombre a est fixé dans $\mathbb{N}^*$, la répartition des nombres entiers naturels premiers est plus dense dans certaines des $\varphi(a)$ progressions arithmétiques que dans d'autres. Deux progressions arithmétiques ont la même densité si leurs mêmes nombres de termes possèdent presque les mêmes nombres des nombres entiers naturels premiers; i.e. pour une infinité des mêmes nombres de termes, elles ont les mêmes nombres des nombres entiers naturels premiers. Nous n'aborderons pas l'étude globale de la raréfaction des nombres premiers. Une synthèse assez suffisante existe ([3], pp. 197-230), ainsi qu'une récente estimation du rapport $\varphi(a)/a$ ([9], pp. 6-8).

3.3.3.6 CAS PARTICULIERS: THÉORÈME D'EUCLIDE

a) Ensemble des nombres entiers naturels premiers

En particulier si $a = 1$, alors $E_1 = \{x + 2\}$ et $G = E_1 E_1$. Dans ce cas, $\mathbb{N}_{pc}(E_1) = E_1 \setminus G = \mathbb{N}_p$ est l'ensemble des nombres entiers naturels premiers (1 n'est pas pris en considération).

$$\text{Or, } G = \{(x + 2)(y + 2), x, y \in \mathbb{N}\} = \{(xy + 2x + 2y + 2) + 2\} = S(1, 1, 0) + 2.$$

$$\text{Donc } \mathbb{N}_p = \{z + 2; z \in \mathbb{N} \setminus S(1, 1, 0)\} = (\mathbb{N} + 2) \setminus [S(1, 1, 0) + 2]$$

Euclide a établi arithmétiquement que l'ensemble $\mathbb{N}_p$ est infini. La démonstration algébrique en est automatiquement un cas particulier du théorème de Dirichlet.

b) Ensemble des nombres entiers naturels impairs premiers

En particulier si $a = 2$, alors $E_1 = \{2x + 3\}$ et $G = E_1 E_1$. Dans ce cas

$$\mathbb{N}_{pc}(E_1) = E_1 \setminus G = I_p \text{ est l'ensemble des nombres entiers naturels impairs premiers.}$$

$$\begin{aligned} \text{Or, } G &= \{(2x + 3)(2y + 3), x, y \in \mathbb{N}\} = \{2(2xy + 3x + 3y + 3) + 3\} \\ &= 2S(2, 1, 0) + 3. \end{aligned}$$

$$\text{Donc } I_p = \{2z + 3; z \in \mathbb{N} \setminus S(2, 1, 0)\} = (2\mathbb{N} + 3) \setminus [2S(2, 1, 0) + 3].$$

Par suite, l'ensemble I_p est infini (cas particulier du théorème d'Euclide). La démonstration algébrique en est automatiquement un cas particulier du théorème de Dirichlet.

3.3.4 APPLICATIONS

3.3.4.1 CONJECTURE DES NOMBRES PREMIERS Jumeaux

Soit P_2 l'ensemble des paires des nombres entiers naturels premiers dont l'écart est deux. Il n'est pas encore établi que P_2 est infini. Nous nous proposons de l'établir.

La démonstration découle de la définition de l'ensemble I_p : $2n + 3$ et $2n + 5$ sont premiers

$$\Leftrightarrow \forall x, y \in \mathbb{N}, n \neq 2xy + 3x + 3y + 3 \text{ et } n \neq 2xy + 3x + 3y + 2.$$

$$\Leftrightarrow n \in [\mathbb{N} \setminus S(2, 1, 0)] \cap [\mathbb{N} \setminus S(2, 1, 1)] = \mathbb{N} \setminus [S(2, 1, 0) \cup S(2, 1, 1)].$$

$$\text{Ainsi, } P_2 = \{2n + 3, 2n + 5\}; n \in \mathbb{N} \setminus [S(2, 1, 0) \cup S(2, 1, 1)].$$

Dans ces conditions, l'ensemble P_2 est fini ou infini suivant que l'ensemble

$$\mathbb{N} \setminus [S(2, 1, 0) \cup S(2, 1, 1)] \text{ est fini ou infini.}$$

Théorème 8

L'ensemble P_2 est infini.

Démonstration

Supposons que l'ensemble P_2 est fini. Alors l'ensemble $N[S(2, 1, 0) \cup S(2, 1, 1)]$ est fini et, d'après le théorème 2,

$$\exists r \in \mathbb{N} / \forall r' \in \mathbb{N} \text{ et } r' \geq r, \text{ on ait } r' \in S(2, 1, 0) \cup S(2, 1, 1) = \tau.$$

Or, $r' \geq r \Leftrightarrow \exists u \in \mathbb{N} / r' = r + u \Leftrightarrow u = r' - r \in \mathbb{N}$.

Et, $r' \in \tau \Leftrightarrow \exists x, y \in \mathbb{N} / r' = 2xy + 3(x + y + 1)$ ou $r' = 2xy + 3(x + y) + 2$.

Donc $u = 2xy + 3(x + y + 1) - r$ ou $u = 2xy + 3(x + y) + 2 - r$.

Par suite, les ensembles $\mathbb{N}_r = \{r' \in \mathbb{N} / r' \geq r\}$ et $\tau_r = \{r'' \in \tau / r'' \geq r\}$ vérifient $\mathbb{N}_r = \tau_r = \{r + u, u \in \mathbb{N}\}$.

Soient x_r et y_r des nombres entiers naturels tels que $r = 2x_r y_r + 3x_r + 3y_r + 3$ ou $r = 2x_r y_r + 3x_r + 3y_r + 2$. Posons $x = w + x_r$ et $y = v + y_r$. Alors,

$\forall u \in \mathbb{N}, u = 2(w + x_r)(v + y_r) + 3(w + x_r + v + y_r + 1) - r$ ou

$u = 2(w + x_r)(v + y_r) + 3(w + x_r + v + y_r) + 2 - r$;

i.e. $u = 2wv + (2y_r + 3)w + (2x_r + 3)v$; avec $ddc[2, (2y_r + 3)(2x_r + 3)] = 1$; ce qui contredit le théorème 6 pour $a = 2$.

D'où la supposition est fausse; l'ensemble $\mathbb{N} \setminus [S(2, 1, 0) \cup S(2, 1, 1)]$ est plutôt infini et il en est de même de l'ensemble P_2 . CQFD

Corollaire

Si $2n + 3$ et $2n + 5$ sont premiers, alors il existe $z \in \mathbb{N}$ tel que $n = 3z + 1$ ou $n = 0$.

Démonstration

$2n + 3$ et $2n + 5$ sont premiers $\Rightarrow n \in \mathbb{N} \setminus [S(2, 1, 0) \cup S(2, 1, 1)] \Rightarrow n \in \mathbb{N}$ et

$n \notin S(2, 1, 0) \cup S(2, 1, 1)$.

Or, $S(2, 1, 0) \cup S(2, 1, 1) = \{2xy + 3(x + y + 1)\} \cup \{2xy + 3(x + y) + 2\}$

Donc $(3\mathbb{N} + 3) \cup (3\mathbb{N} + 2) \subset S(2, 1, 0) \cup S(2, 1, 1)$ (cas particuliers pour $x = 0$).

Par suite, $n \notin (3\mathbb{N} + 3) \cup (3\mathbb{N} + 2)$.

Un entier naturel qui n'est ni de la forme $3z + 3$ ni de la forme $3z + 2$, est de la forme

$3z + 1$ ou est nul (par définition de $\mathbb{N}_3$).

3.3.4.2 SUR LA CONJECTURE DE POLIGNAC

Soit P_{2j} l'ensemble des paires des entiers naturels premiers dont l'écart est $2j$ ($j \in \mathbb{N}^*$). Polignac ([3], p. 248) conjecture que P_{2j} est infini.

Nous venons de démontrer le cas où $j = 1$ (conjecture des nombres premiers jumeaux). Un raisonnement analogue permet d'écrire l'ensemble P_{2j} sous forme d'une réunion d'ensembles: il suffit de connaître les $\varphi(2j)$ premières paires; avec φ l'indicateur d'Euler. Il s'ensuit que la démonstration, que l'ensemble P_{2j} est infini, dépend de ses $\varphi(2j)$ premières paires; ce qui exige que j soit préalablement fixé: à chaque valeur de j correspond une démonstration. Néanmoins, les ensembles P_{2j} se notant sous la même forme, toutes ces démonstrations se ressemblent.

◆ Ensembles $P_{2j}; j \in \mathbb{N}^*$

- $j = 2 \Rightarrow 2j = 4, \varphi(4) = 2$ et $P_4 = P_4^1 \cup P_4^2$; avec

$$P_4^1 = \{4n + 7, 4n + 11\}; n \in S(4, 1, 1) \cap \{\mathbb{N} \setminus [S(4, 2, 1) \cup S(4, 2, 2)]\}.$$

$$P_4^2 = \{4n + 13, 4n + 17\}; n \in S(4, 2, 3) \cap \{\mathbb{N} \setminus [S(4, 1, 2) \cup S(4, 1, 3)]\}.$$

- $j = 3 \Rightarrow 2j = 6, \varphi(6) = 2$ et $P_6 = P_6^1 \cup P_6^2$; avec

$$P_6^1 = \{6n + 23, 6n + 29\}; n \in S(6, 1, 3) \cap \{\mathbb{N} \setminus [S(6, 2, 3) \cup S(6, 2, 4)]\}.$$

$$P_6^2 = \{6n + 31, 6n + 37\}; n \in S(6, 2, 5) \cap \{\mathbb{N} \setminus [S(6, 1, 4) \cup S(6, 1, 5)]\}.$$

- $j = 4 \Rightarrow 2j = 8, \varphi(8) = 4$ et $P_8 = P_8^1 \cup P_8^2 \cup P_8^3 \cup P_8^4$; avec

$$P_8^1 = \{8n + 89, 8n + 97\};$$

$$n \in S(8,2,11) \cap S(8,3,11) \cap S(8,4,11) \cap \{\mathbb{N} \setminus [S(8,1,10) \cup S(8,1,11)]\}.$$

$$P_8^2 = \{8n + 359, 8n + 367\};$$

$$n \in S(8,1,44) \cap S(8,2,45) \cap S(8,3,45) \cap \{\mathbb{N} \setminus [S(8,4,44) \cup S(8,4,45)]\}.$$

$$P_8^3 = \{8n + 389, 8n + 397\};$$

$$n \in S(8,4,48) \cap S(8,1,48) \cap S(8,2,49) \cap \{\mathbb{N} \setminus [S(8,3,48) \cup S(8,3,49)]\}.$$

$$P_8^2 = \{8n + 491, 8n + 499\};$$

$$n \in S(8,3,61) \cap S(8,4,61) \cap S(8,1,61) \cap \{\mathbb{N} \setminus [S(8,2,61) \cup S(8,2,62)]\};$$

...

❖ Conséquence

La conjecture de Polignac devient: « S'il existe au moins une paire des éléments de l'ensemble P_{2j} pour j fixé dans $\mathbb{N}^*$, alors l'ensemble P_{2j} est infini ».

❖ Lemme

Soient A et B deux parties infinies de $\mathbb{N}$ telles que $A \cap B \neq \emptyset$.

- $A \cap B$ est fini $\Leftrightarrow \exists q \in \mathbb{N} / \forall q' \in \mathbb{N}$ et $q' \geq q$, on ait $q' \notin A$ ou $q' \notin B$.
- $A \cap B$ est infini $\Leftrightarrow \forall q \in \mathbb{N}, \exists q' \in \mathbb{N}$ et $q' \geq q / q' \in A$ et $q' \in B$.

Démonstration

Soient A et B deux parties infinies de $\mathbb{N}$. Alors $A \cap B$ est aussi une partie de $\mathbb{N}$.

Or, $A \cap B \neq \emptyset$. Donc, d'après le théorème 1, $A \cap B$ est fini si et seulement si $A \cap B$ est majoré. Aussi, $A \cap B$ est infini si et seulement si $A \cap B$ n'est pas majoré. En remplaçant « fini » par « majoré », « infini » par « n'est pas majoré » et en se servant de la définition de $A \cap B$, on trouve le lemme.

❖ Démonstration pour $j = 2$

Pour démontrer que l'ensemble P_4 est infini, il suffit de démontrer que l'un des ensembles P_4^i est infini. Faisons – le pour $i = 2$.

$$S(4,2,3) = H(4,2) - 3 = \{4xy + 3x + 5y\}.$$

$$S(4,1,2) = H(4,1) - 2 = \{4xy + 5x + 5y + 3, 4xy + 3x + 3y - 1\}.$$

$$S(4,1,3) = H(4,1) - 3 = \{4xy + 5x + 5y + 2, 4xy + 3x + 3y - 2\}.$$

Supposons que P_4^2 est fini. Alors, d'après le lemme,

$\exists q \in \mathbb{N} / \forall q' \in \mathbb{N}$ et $q' \geq q$, on ait $q' \notin S(4,2,3)$ ou $q' \notin \mathbb{N} \setminus [S(4,1,2) \cup S(4,1,3)]$. Faisons la disjonction des cas.

- 1) Supposons que $q' \in S(4,2,3)$ et $q' \notin \mathbb{N} \setminus [S(4,1,2) \cup S(4,1,3)]$. Alors $q' \in S(4,2,3)$ et $q' \in S(4,1,2) \cup S(4,1,3)$; i.e. $q' \in S(4,2,3) \cap S(4,1,2)$ ou $q' \in S(4,2,3) \cap S(4,1,3)$.

Ainsi $\exists x, y, u, v \in \mathbb{N}$ tels que $q' = 4xy + 3x + 5y$ et $q' = 4uv + 5u + 5v + 3$

ou $q' = 4xy + 3x + 5y$ et $q' = 4uv + 3u + 3v - 1$

ou $q' = 4xy + 3x + 5y$ et $q' = 4uv + 5u + 5v + 2$

ou $q' = 4xy + 3x + 5y$ et $q' = 4uv + 5u + 5v - 2$

Or, $q' \geq q$. Donc $\exists t \in \mathbb{N} / q' = q + t$; i.e. $t = q' - q$

Soient $x_q, y_q, u_q, v_q \in \mathbb{N} / q = 4x_q y_q + 3x_q + 5y_q$ et $q = 4u_q v_q + 5u_q + 5v_q + 3$

ou $q = 4x_q y_q + 3x_q + 5y_q$ et $q = 4u_q v_q + 3u_q + 3v_q - 1$

ou $q = 4x_q y_q + 3x_q + 5y_q$ et $q = 4u_q v_q + 5u_q + 5v_q + 2$

ou $q = 4x_q y_q + 3x_q + 5y_q$ et $q = 4u_q v_q + 3u_q + 3v_q - 2$

Posons $x = X + x_q, y = Y + y_q, u = U + u_q$ et $v = V + v_q$ pour avoir $t = 4(x_q Y + YX + Xy_q) + 3X + 5Y$ et $t = 4(u_q V + VU + Uv_q) + 5U + 5V$

ou $t = 4(x_q Y + YX + Xy_q) + 3X + 5Y$ et $t = 4(u_q V + VU + Uv_q) + 3U + 3V$; i.e. $t = 4XY + (4x_q + 5)Y + (4y_q + 3)X$ et $t = 4UV + (4u_q + 5)V + (4v_q + 3)U$

ou $t = 4XY + (4x_q + 5)Y + (4y_q + 3)X$ et $t = 4UV + (4u_q + 3)V + (4v_q + 3)U$

ce qui contredit le théorème 6 (pour $a = 4$).

2) Supposons que $q' \notin S(4,2,3)$ et $q' \in \mathbb{N} \setminus [S(4,1,2) \cup S(4,1,3)]$. Alors

$q' \in \mathbb{N} \setminus S(4,2,3)$ et $q' \in \mathbb{N} \setminus [S(4,1,2) \cup S(4,1,3)]$; i.e.

$q' \in \mathbb{N} \setminus [S(4,2,3) \cup S(4,1,2) \cup S(4,1,3)]$; i.e. $q' \notin S(4,2,3) \cup S(4,1,2) \cup S(4,1,3)$.

Ainsi, $\forall x, y \in \mathbb{N}, q' \neq 4xy + 3x + 5y$ et $q' \neq 4xy + 5x + 5y + 3$ et

$q' \neq 4xy + 3x + 3y - 1$ et $q' \neq 4xy + 5x + 5y + 2$ et $q' \neq 4xy + 3x + 3y - 2$.

En appliquant le même raisonnement de la dernière partie de 1), on en déduit que $t \neq 4(x_q Y + YX + Xy_q) + 3X + 5Y$ et $t \neq 4(x_q Y + YX + Xy_q) + 5X + 5Y$ et $t \neq 4(x_q Y + YX + Xy_q) + 3X + 3Y$; ce qui traduit, en particulier, que $t \neq 0$ et contredit le fait que la propriété est vraie pour tout $q' \geq q$.

3) Supposons que $q' \notin S(4,2,3)$ et $q' \notin \mathbb{N} \setminus [S(4,1,2) \cup S(4,1,3)]$. Alors $q' \notin S(4,2,3)$ et $q' \in S(4,1,2) \cup S(4,1,3)$; i.e. $q' \in [S(4,1,2) \cup S(4,1,3)] \setminus S(4,2,3)$; ce qui contredit le fait que l'ensemble $[S(4,1,2) \cup S(4,1,3)] \cap S(4,2,3)$ est infini.

En effet, $4xy + 3x + 5y = 4uv + 5u + 5v + 3$ devient, pour $y = 1$ et $v = 0$,

$7x + 5 = 5u + 3$; i.e. $5u - 7x = 2$; i.e. $u = 7k + 6$ et $x = 5k + 4$. Il s'ensuit que

$7x + 5 = 35k + 33 = 5u + 3$ appartient à cette intersection pour tout $k \in \mathbb{N}$.

D'où la supposition est fautive; P_4^2 est plutôt infini.

4 DISCUSSION DES RESULTATS

La formalisation algébrique du crible d'Eratosthène est possible. Elle permet d'isoler, dans l'ensemble $\mathbb{N}$, les nombres premiers pour mieux les étudier, c'est-à-dire d'établir de l'ordre dans l'ensemble $\mathbb{N}_p$ des nombres premiers par le désordre dans l'ensemble $\mathbb{N}_c$ des nombres entiers naturels composés. Elle consiste à écrire l'ensemble $\mathbb{N}_p$ comme la partie complémentaire, dans l'ensemble $\mathbb{N} \setminus \{0,1\}$, de l'ensemble $\mathbb{N}_c$: $\mathbb{N}_p = [\mathbb{N} \setminus \{0,1\}] \setminus \mathbb{N}_c$ (1). Par ricochets, elle consiste, plus généralement, à étudier, ensemble, les $\varphi(a)$ progressions arithmétiques et écrire l'ensemble $\mathbb{N}_{pc}(E_i)$ des nombres entiers naturels premiers contenus dans la progression arithmétique $E_i = \{ax + b_i\}$ sous la forme $\mathbb{N}_{pc}(E_i) = E_i \setminus \dot{E}_i$; $\dot{E}_i$ étant l'ensemble des produits $E_k E_l$ inclus dans E_i (théorème fondamental). Dans ce cas,

$\cup [\mathbb{N}_{pc}(E_i)] = \cup (E_i \setminus \dot{E}_i) = (\cup E_i) \setminus (\cup \dot{E}_i)$; $1 \leq i \leq \varphi(a)$ (2);

un résultat qui améliore (1) à partir du rang $n_a = \min_{1 \leq i \leq \varphi(a)} \{b_i\}$.

Une telle démarche est trop efficace pour unifier le théorème d'Euclide, le théorème de Dirichlet, le théorème de Green-Tao, la conjecture des nombres premiers jumeaux et le Phénomène de Biais de Tchebychev. D'une part, elle prouve automatiquement la conjecture des nombres premiers jumeaux et en élucide la généralisation (conjecture de Polignac) en les faisant passer de la théorie élémentaire à la théorie algébrique des nombres. D'autre part, elle constitue une nouvelle technique de détermination des nombres premiers, jumeaux ou non. Explicitement, deux résultats obtenus sont éclatants. Primo, le théorème de Green-Tao se démontre et le Phénomène de Biais de Tchebychev se résout, en quelques lignes, comme des corollaires de notre théorème fondamental. Secundo, trois problèmes, classiquement étudiés séparément, deviennent de même nature: la répartition des nombres premiers dans $\mathbb{N} \setminus \{0,1\}$;

La répartition des nombres premiers dans une progression arithmétique $ax + b$ (a et b étrangers) et la répartition des nombres premiers jumeaux dans $\mathbb{N} \setminus \{0,1\}$.

De cette manière, le théorème d'Euclide (pour le premier problème), le théorème de Dirichlet (pour le deuxième problème) et la conjecture des nombres premiers jumeaux (pour le troisième problème) se démontrent de la même manière. Le moyen utilisé est la condition pour qu'une partie non vide de $\mathbb{N}$ et sa partie complémentaire soient finies ou infinies.

La synthèse de l'article est présentée sous forme d'un schéma en annexe.

5 CONCLUSION

Désormais, des problèmes sur les nombres entiers naturels (premiers) peuvent être réétudiés et ramenés chaque fois autour de zéro. Ne serait-ce pas, ici, le fondement logique de la « Descente infinie » de Pierre De Fermat ? D'emblée, l'on ne saurait l'affirmer. Toutefois, en remettant l'étude des nombres entiers naturels à son stade primaire, cette recherche inaugure une nouvelle façon d'aborder des questions sur la primalité dans $\mathbb{N}$.

Un chercheur intéressé pourrait étudier

- Les propriétés de l'application

$$m_a: \mathbb{N}_a \rightarrow \mathbb{N}: E_i \rightarrow \text{card } \dot{E}_i (1 \leq i \leq \varphi(a))$$

et démontrer particulièrement que, $\forall a \in \mathbb{N}^*, \text{card}\{m_a [\mathbb{N}_a]\} = \begin{cases} 1, & \text{si } a \in \{1,2\} \\ 2, & \text{si } a \in \mathbb{N}^* \setminus \{1,2\} \end{cases}$

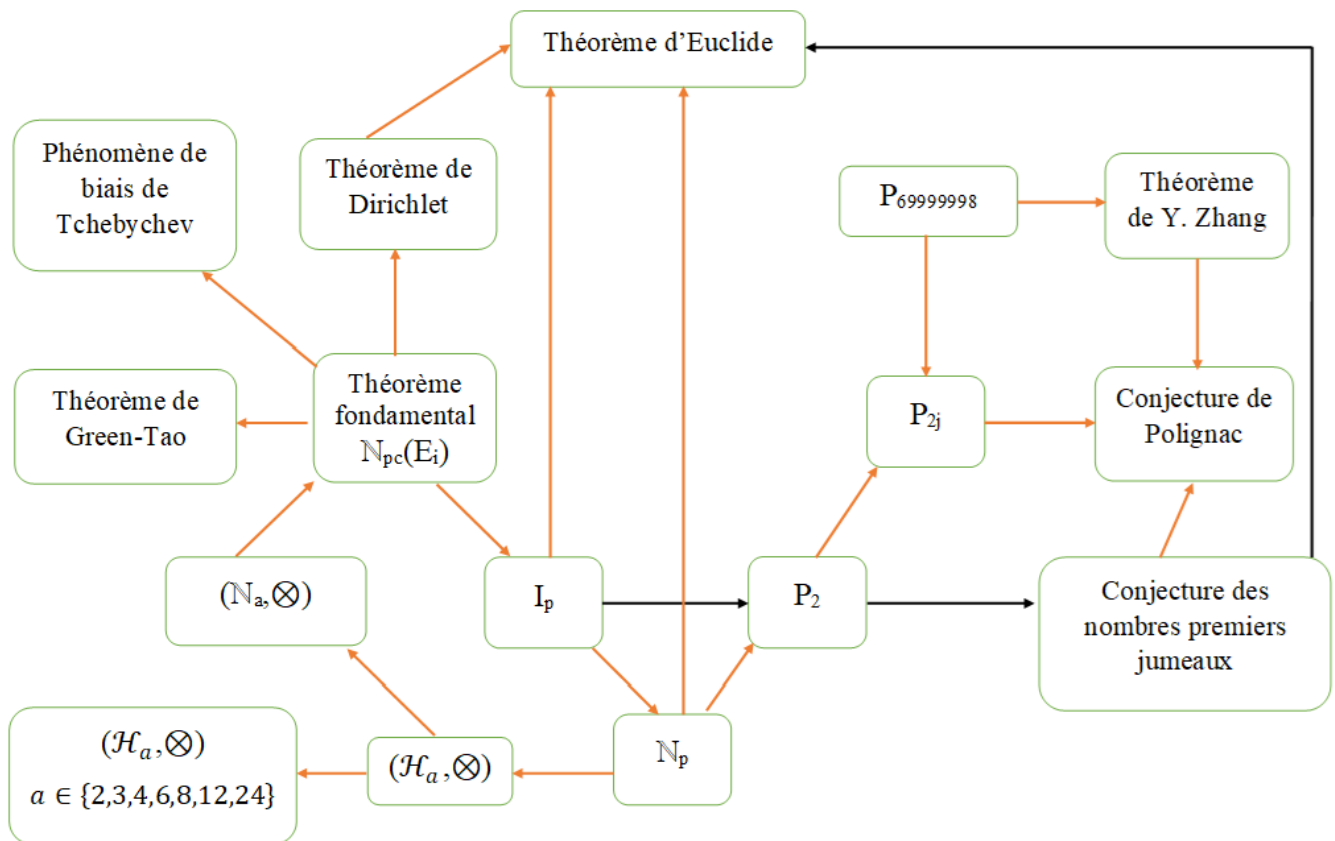
$m_a[\mathbb{N}_a]$ étant l'image directe de l'ensemble $\mathbb{N}_a$ par l'application m_a .

- L'ensemble des nombres premiers triplets $(p, p + 2, p + 6)$ ou $(p, p + 4, p + 6)$. Il se servirait, par exemple, de $P_2 \cap P_4$; avec P_2 et P_4 les ensembles des nombres premiers respectivement jumeaux $(p, p + 2)$ et cousins $(p, p + 4)$.
- L'expression générale de l'ensemble P_{2j} ($j \in \mathbb{N}^*$) en fonction de ses $\varphi(2j)$ premières paires; ce qui permettrait de généraliser la démonstration du théorème de Polignac. Il se servirait d'un pont entre les ensembles $\mathbb{N}_{pc}(E_i)$ et P_{2j} .

REFERENCES

- [1] Yitang Zhang, « Bounded gaps between primes », *Annals of Mathematics*, Princeton University and the Institute for Advanced Study, 2013.
- [2] Projet Polymath, Les Mathématiques.net (21.6.2023).
- [3] Delahaye, J.P., Merveilleux nombres premiers, voyage au cœur de l'Arithmétique, Paris, Belin Pour la Science, 2000.
- [4] Queysanne, M., *Algèbre M.P et Spéciales AA'*, 7^{ème} édition revue et augmentée, Paris, Armand Colin, 1964.
- [5] François De Marçay, *Arithmétique dans $\mathbb{Z}$ et dans $\mathbb{Z}/n\mathbb{Z}$* .
[Online] Available: <https://www.imo.universite-paris-saclay.fr> (28 août 2023).
- [6] Villemin, G., Nombres premiers – propriétés.
[Online] Available: <http://villemin.gerard.fr/wwwgmm/Premier/propriet.htm> (17 mai 2023).
- [7] Ben J. Green et Terence Tao, « The primes contain arbitrarily long arithmetic progressions », *Annals of Mathematics*, vol. 167, arXiv math.NT/0404188, 481-547, 2008.
- [8] Fiorilli, Daniel, Jouve et Florent, Nombres premiers et biais de Tchebychev, 2021.
[Online] Available: <https://images.math.cnrs.fr> (1^{er} juillet 2023).
- [9] Bouw I. I., Ozman E., Johnson-Leung J. et Newton R., *Women in Numbers Europe II. Contributions to number Theory and Arithmetic Geometry*, Vol. 11, Switzerland, Springer, 2018.

ANNEXE: SYNTHESE DE L'ARTICLE



Facteurs associés au décès maternel à l'Hôpital Général de Référence de la Zone de Santé Rurale de Bunia, province de l'Ituri en République Démocratique du Congo

[Factors associated with maternal deaths at the General Referral Hospital of the Rural Health Zone of Bunia, Ituri province in the RD Congo]

Anzasiloko Tabo Chantal, Mimilyabo Sezabo Pascal, Dz'dhi Chavalire Elisee, Ngavele Issamba Clarisse, and Kambale Amani Etienne

Institut Supérieur des Techniques Médicales de Bunia, Province de l'Ituri, RD Congo

Copyright © 2025 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 factors that are directly and indirectly associated with maternal death. This is a quantitative study with a retrospective approach carried out on an exhaustive sample of 26 cases of death recorded at the General Referral Hospital of the Rural Health Zone of Bunia from January 2023 to July 2024 by the cross-sectional method supported by the documentary analysis of Antenatal records, partograms and maternal death review records. After analysis, it was observed that 23.1% of maternal deaths are linked to postpartum hemorrhage whose associated factors are direct and 57.7% of maternal deaths have unknown indirect associated factors.

Based on these results, it is observed that maternal death remains a problem in the rural health zone of Bunia, despite the multiple steps and actions taken to avoid or reduce it, we wish that the government, not only supports the General Referral Hospital of Bunia in its fight against maternal death by strengthening the health providers' capacity in the care of women but also, that women put into practice all the orientations offered to them during antenatal consultations.

KEYWORDS: associated factors, maternal death, General Referral Hospital.

RESUME: L'objectif de ce travail est de déterminer les facteurs associés directement et indirectement au décès maternel. Il s'agit d'une étude quantitative d'approche rétrospective réalisée sur un échantillon exhaustif de 26 cas de décès enregistrés à l'Hôpital Général de Référence de la Zone de Santé Rurale de Bunia de janvier 2023 à juillet 2024 par la méthode transversale soutenue par l'analyse documentaire des fiches de CPN, les partogrammes et les fiches de revue de décès maternel.

Après analyse, il s'est observé que 23,1% des décès maternel sont liés à l'hémorragie du postpartum comme cause associées directes et 57,7% de décès maternel sont des causes indirectes inconnues.

En fonction de ces résultats, il s'observe que le décès maternel reste encore un problème dans la zone de santé rurale de Bunia, malgré les multiples démarches pour l'éviter ou le réduire, nous souhaitons que le gouvernement accompagne l'Hôpital Général de Référence de Bunia dans les actions de la lutte contre le décès maternel en renforçant la capacité des prestataires dans la prise en charge des femmes. Mais aussi, que les femmes mettent en pratique toutes les orientations qui leur sont proposées pendant les consultations prénatales.

MOTS-CLEFS: facteurs associés, décès maternel, Hôpital Général de Référence.

1 INTRODUCTION

Chaque jour, 1600 femmes au moins meurent de complications de la grossesse ou de l'accouchement, ce qui représente plus d'un demi-million de décès chaque année. Le taux de décès maternel est mondialement reconnu comme indicateur de la qualité des soins et reflète le risque qu'encourent les mères pendant la grossesse et l'accouchement. Il est influencé par les conditions socioéconomiques, la nutrition, l'hygiène, la disponibilité et l'utilisation des équipements de soins de santé, y compris de soins prénatals et obstétricaux [1].

En Europe, la mortalité maternelle constitue un indicateur clé de la santé des femmes comme ailleurs. En 2020, environ 1 000 femmes sont décédées en raison de complications liées à la grossesse ou à l'accouchement et dont les principales causes sont les hémorragies graves, la pré-éclampsie ou l'éclampsie, les affections préexistantes susceptibles de s'aggraver pendant la grossesse, les infections liées à la grossesse et les complications résultant d'avortements non médicalisés [2].

En Allemagne, certains facteurs sont liés au niveau d'instruction des ménages et de la communauté. On peut citer l'analphabétisme, l'ignorance des signes de danger de la grossesse par les femmes, les famines et les communautés, et l'insuffisance de sensibilisation sur la santé de la reproduction. On peut ajouter à cette catégorie les grossesses rapprochées (moins de deux ans entre les naissances) et le nombre élevé de grossesses (au-delà de sept). Certaines raisons sont liées à l'âge de la femme enceinte, comme lors des grossesses précoces (moins de 18 ans) ou des grossesses tardives (plus de 35 ans) [3].

En France, le taux de mortalité maternelle est plus élevé que la moyenne nationale dans les départements d'outre-mer (32,2 pour 100 000). Le risque maternel est dû à un certain nombre de facteurs dont le mauvais état sanitaire et nutritionnel des femmes caractérisé par l'obésité et les grossesses multiples. La grande majorité des grossesses et des accouchements se déroulent sans problème. Néanmoins, 97% des femmes sont unanimes à reconnaître que la grossesse est un moment particulier où il faut prendre particulièrement soin de soi et de l'enfant à venir. Toutefois, les soins en période post-partum sont particulièrement importants pour la santé de la mère et de l'enfant [4].

L'Asie représente environ 12% des décès maternels estimés dans le monde. Les décès maternels résultent de la combinaison de facteurs sociaux, de causes médicales et d'insuffisances des systèmes de santé qui entraînent la mortalité maternelle et néonatale. L'âge de la mère au dernier accouchement ainsi que la parité sont des éléments importants dans l'analyse de la mortalité maternelle [5].

En Afghanistan, le taux de décès maternel est actuellement de 400 pour 100 000 naissances vivantes, ce qui reste l'un des taux les plus élevés de la planète. Les causes génériques directes de ces décès sont les hémorragies, le travail prolongé, etc. et les causes indirectes sont la tuberculose et la malaria. On y ajoute le manque de connaissances et les traditions, constituant les principaux obstacles à l'accès des femmes aux services de santé reproductive. Par ailleurs, selon de nette source, le nombre de femmes décédées à la suite de complications obstétriques s'élève à 25 000 par an. Soit 1 femme toutes les 27 minutes [6].

En Afrique, le nombre de décès maternels est le plus élevé dans les pays où les femmes ont le moins de chances de bénéficier d'une assistance qualifiée lors de l'accouchement, que ce soit une sage-femme, un médecin ou un autre professionnel de la santé bien formé. Selon des experts, le risque d'une femme, de mourir du fait de la grossesse ou de l'accouchement est de 1 sur 39. Cependant, ce risque de décès maternel est le plus élevé pour les filles âgées de moins de 15 ans. Toutefois, le niveau d'éducation s'avère également être un facteur essentiel de la santé d'une femme. L'éducation permet aux femmes de faire des choix informés et de rechercher des soins de santé appropriés. Un rapport de l'ONU révèle que les décès maternels en Afrique subsaharienne sont près de 50 fois plus élevés que dans toute autre région du monde [7].

En Mauritanie, 13 femmes meurent chaque semaine du fait d'une grossesse, de l'accouchement ou des suites de l'accouchement. En à croire, les facteurs qui entrent en cause sont du fait qu'il s'observe une insuffisance de personnel médical dans les régions, la faiblesse de la prise en charge des urgences obstétriques, les mentalités, etc. Les causes de la mortalité maternelle en Mauritanie par ailleurs sont multiples et elles se retrouvent dans ce que les médecins appellent les trois retards [8].

Le Tchad dispose en effet d'un taux de mortalité maternelle très élevé. Ce taux est de 860 décès pour 100 000 naissances vivantes et dont les causes sont multifactorielles. Ils sont causés directement par les hémorragies, les crises convulsives (éclampsies), les accouchements difficiles (dystocie), les complications d'avortements etc. et indirectement par l'anémie, le paludisme, le VIH et d'autres infections. Des sources renseignent que, le taux d'accouchements assistés par du personnel qualifié au Tchad est aussi bas, estimé à 28% [9].

En République démocratique du Congo, plus de la moitié des décès maternels se produisent dans des régions instables et plongées dans des crises humanitaires. On estime à 225 adolescentes qui décèdent pour 1 000 cas de grossesses. Selon l'OMS,

les principales causes de décès regorgent même les hémorragies ou les infections après l'accouchement, l'hypertension pendant la grossesse, les avortements non médicalisés et les maladies associées, comme le paludisme et le VIH/sida. La RDC figure parmi les pays africains ayant un taux élevé de mortalité maternelle et où la santé de la mère demeure une préoccupation majeure [10].

En Ituri, la mortalité maternelle reste préoccupante selon que la Division Provinciale de la Santé (DPS) renseigne. Au moins 68 décès maternel sur 106 accouchements, soit une proportion de 64% sont survenus au cours d'une évaluation réalisée au cours de six mois (de janvier à juin 2023). Elle est due à plusieurs facteurs souvent intriqués dont la primiparité, la grande multiparité, les conditions socio-économiques défavorables, la démotivation des personnels de santé, le sous-équipement et le mauvais suivi sont des facteurs qui entraînent plusieurs femmes au décès maternel [11].

Au regard de ce qui précède, les questions suivantes ont été posées:

- Quels sont les facteurs directs associés au décès maternel à l'Hôpital Général de Référence de Bunia ?
- Quels sont les facteurs indirects associés au décès maternel à l'Hôpital Général de Référence de Bunia ?

Cette recherche a consisté à déterminer les facteurs de décès maternel à l'Hôpital Général de Référence de Bunia.

2 METHODOLOGIE

Cette étude a été menée à l'Hôpital Général de Référence de la Zone de Santé Rurale de Bunia, Province de l'Ituri, Nord-Est de la République Démocratique du Congo.

L'étude du type quantitatif exploratoire, d'approche rétrospective a été réalisée grâce à la méthode transversale soutenue par l'analyse documentaire des fiches de CPN, les partogrammes et les fiches de revue de décès maternel. Les différents éléments recueillis ont été transcrits dans le protocole de récolte de données.

La population d'étude était constituée de toutes les femmes décédées à l'hôpital Général de Référence de Bunia suite aux problèmes liés à l'accouchement de janvier 2023 à juillet 2024. L'échantillon exhaustif de 26 cas de décès maternel enregistrés a été pris en compte.

Les variables d'étude retenues étaient les facteurs directs et les facteurs indirects associés au décès maternel.

Les données récoltées ont été dépouillées, codées et encodées manuellement dans un tri à plat en utilisant le logiciel Excel, ensuite transportés sur Word.

Les résultats obtenus ont été présentés sous forme de tableaux et analysés à l'aide de pourcentages.

3 RESULTATS

Les résultats de la présente étude sont repris dans les tableaux 1 et 2 ci-dessous.

Tableau 1. Répartition des enquêtées selon les facteurs directs associés au décès maternel

Variables	N	HPP		Hémor. en perpartum		Éclampsie		Dystocie mécanique		Infections		Autres	
		f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
Age (ans)													
< 18	1	1	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
19 – 24	6	6	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
25 – 31	13	0	0,0	8	61,5	1	7,7	0	0,0	4	30,8	0	0,0
32 - 37	4	1	25,0	0	0,0	0	0,0	1	25,0	1	25,0	1	25,0
> 37	2	2	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Etat civil													
Marié	18	7	38,9	8	44,4	1	5,6	0	0,0	2	11,1	0	0,0
Célibataire	3	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	3	100,0	0	0,0
Veuve	1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	100,0	0	0,0	0	0,0
U.libre	2	1	50,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	50,0
Inconnu	2	2	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Niveau d'étude													
Aucun	10	7	70,0	3	30,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Primaire	6	0	0,0	5	83,3	1	16,7	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Secondaire	9	2	22,2	0	0,0	0	0,0	1	11,1	5	55,6	1	11,1
Universitaire	1	1	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Profession													
Ménagère	21	7	33,3	8	38,1	1	4,8	0	0,0	5	23,8	0	0,0
Fonct. d'Et	1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	100,0	0	0,0	0	0,0
Commerçant	3	2	66,7	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	33,3
Inconnu	1	1	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Parité													
1 – 3	7	7	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
4 – 7	12	0	0,0	8	66,7	1	8,3	0	0,0	3	25,0	0	0,0
> 7	7	3	42,8	0	0,0	0	0,0	1	14,3	2	28,6	1	14,3
Provenance													
HZ	15	7	46,7	8	53,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
ZS	11	3	27,2	0	0,0	1	9,1	1	9,1	5	45,5	1	9,1
Etat de l'arrivé													
Bon	12	7	58,3	5	41,7	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Mauvais	14	3	21,4	3	21,4	1	7,1	1	7,1	5	35,7	1	7,1
Surv. Perpartum													
Oui	16	7	43,7	8	50,0	1	6,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Non	10	3	30,0	0	0,0	0	0,0	1	10,0	5	50,0	1	10,0
CPN													
Oui	10	7	70,0	3	30,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Non	16	3	18,6	5	31,2	1	6,3	1	6,3	5	31,3	1	6,3
Nbre CPN													
0	16	7	43,8	8	50,0	1	6,2	0	0,0	0	0,0	0	0,0
1 – 2	4	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	4	100,0	0	0,0
3 - 4	5	2	40,0	0	0,0	0	0,0	1	20,0	1	20,0	1	20,0
> 4	1	1	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
Age de grossesse													
< 20 S.A.	1	1	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
20 - 28 S.A.	7	6	85,7	1	14,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
29 - 37 S.A.	7	0	0,0	7	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
≥ 38	11	3	27,3	0	0,0	1	9,1	1	9,1	5	45,4	1	9,1
Total	26	10	38,5	8	30,8	1	3,8	1	3,8	5	19,2	1	3,8

Il ressort de ce tableau que l'Hémorragie post partum (HPP) est le facteur associé directement au décès maternel dans la plupart des cas, soit 38,5% des cas. Ceci s'observe surtout chez les enquêtées âgées de moins de 18 à 24 ans et chez celles de plus de 37 ans (100%), Etat civil inconnu (100%), niveau d'étude universitaire (100%), profession inconnue (100%), parité 1-3 (100%), provenance HZ (46,7%), état de l'arrivé bon (58,3%), surveillance partogramme (43,8%), suivi la CPN (70%), nombre de CPN plus de 4 (100%) et dont l'âge de grossesse de 20 semaine d'aménorrhée (S.A) (100%).

Tableau 2. Répartition des enquêtées selon les facteurs indirects associés au décès maternel

Variables	N	Anémie		Paludisme		HTA		Autres		Inconnu	
		F	%	f	%	f	%	f	%	f	%
Age (ans)											
< 18	1	1	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
19 – 24	6	6	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
25 – 31	13	0	0,0	1	7,7	0	0,0	2	15,4	10	76,9
32 – 37	4	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	4	100,0
> 37	2	0	0,0	0	0,0	1	50,0	0	0,0	1	50,0
Etat civil											
Marié	18	7	38,9	1	5,6	0	0,0	2	11,1	8	44,4
Célibataire	3	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	3	100,0
Veuve	1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	100,0
U. libre	2	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	100,0
Inconnu	2	0	0,0	0	0,0	1	50,0	0	0,0	1	50,0
Niveau d'étude											
Aucun	10	7	70,0	1	10,0	0	0,0	2	20,0	0	0,0
Primaire	6	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6	100,0
Secondaire	9	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	9	100,0
Universitaire	1	0	0,0	0	0,0	1	100,0	0	0,0	0	0,0
Profession											
Ménagère	21	7	33,3	1	4,8	0	0,0	2	9,5	11	52,4
Fonct. d'Et	1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	100,0
Commerçant	3	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	3	100,0
Inconnu	1	0	0,0	0	0,0	1	100,0	0	0,0	0	0,0
Parité											
1 – 3	7	7	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
4 – 7	12	0	0,0	1	8,3	0	0,0	2	16,7	9	75,0
> 7	7	0	0,0	0	0,0	1	14,3	0	0,0	6	85,7
Provenance											
HZ	15	7	46,7	1	6,7	0	0,0	2	13,3	5	33,3
ZS	11	0	0,0	0	0,0	1	9,1	0	0,0	10	90,9
Etat de l'arrivé	26	7	26,9	1	3,8	1	3,8	2	7,7	15	57,7
Bon	12	7	58,3	1	8,3	0	0,0	2	16,7	2	16,7
Mauvais	14	0	0,0	0	0,0	1	7,1	0	0,0	13	92,9
Surv. Perpartum											
Oui	16	7	43,7	1	6,3	0	0,0	2	12,5	6	37,5
Non	10	0	0,0	0	0,0	1	10,0	0	0,0	9	90,0
CPN											
Oui	10	7	70,0	1	10,0	0	0,0	2	20,0	0	0,0
Non	16	0	0,0	0	0,0	1	6,3	0	0,0	15	93,7
Nbre CPN											
0	16	7	43,7	1	6,3	0	0,0	2	12,5	6	37,5
1 – 2	4	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	4	100,0
3 – 4	5	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	5	100,0
> 4	1	0	0,0	0	0,0	1	100,0	0	0,0	0	0,0
Age de grossesse											

< 20 S.A.	1	1	100,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
20 - 28 S.A.	7	6	85,7	1	14,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0
29 - 37 S.A.	7	0	0,0	0	0,0	0	0,0	2	28,6	5	71,4
≥ 38 S.A.	11	0	0,0	0	0,0	1	9,1	0	0,0	10	90,9
Total	26	7	26,9	1	3,8	1	3,8	2	7,7	15	57,7

Selon ce tableau, 57,7% de décès maternel sont associés indirectement aux facteurs inconnus. Cela s'observe respectivement à 100% chez les enquêtées âgées de 32 - 37 ans, chez les célibataires, les veuves, l'union de fait, celles des niveaux d'étude primaire et secondaire, les fonctionnaires de l'Etat et commerçantes; 85,7% de parité > 7; 90,9% provenant de la Zone de Santé Rurale de Bunia; 92,9% dont l'état d'arrivée était mauvais; 90,0% non surveillé; 93,7% sans notion de CPN; 100% chez celles dont le nombre de CPN varie de 1 – 4 et enfin 90,9% chez celles dont l'âge de grossesse est ≥ 38 S.A

4 DISCUSSION

En considérant les facteurs directs associés au décès maternel, il a été constaté que l'hémorragie du post partum est le principal facteur direct de décès maternel à l'Hôpital Général de Référence de Bunia soit 38,5% des cas. Ceci s'est observé chez les enquêtées âgées de moins de 18 à 24 ans et chez celles de plus de 37 ans (100%), Etat civil inconnu (100%), niveau d'étude universitaire (100%), profession inconnue (100%), parité 1 – 3 (100%), provenance HZ (46,7%), état de l'arrivée bon (58,3%), surveillance partogramme (43,8%), suivi la CPN (70%), nombre de CPN plus de 4 (100%) et dont l'âge de grossesse de 20 S.A. (100%).

La même observation a été faite par l'auteur [12] à l'île de la Réunion où 39% de décès maternel était lié directement à la fragilité des femmes due aux grossesses nombreuses et rapprochées. Ce qui se traduit scientifiquement par HHP. En Afghanistan, 56% des femmes étaient décédées dans les premières 24 heures à cause de l'hémorragie pathologique par un utérus non tonique [13]. Et aussi en Afrique, 63,4% des cas de décès maternel sont également associés aux hémorragies par utérus non tonique [7].

Les résultats de la présente étude contredisent ceux de l'auteur [14] en Afrique de l'Ouest où la plupart de décès maternel était fréquent suite au césarienne sur des utérus cicatriciels (17,4%) mais aussi, 62,2% des cas étaient survenus après les césariennes qui s'étaient compliquées à des hémorragies non prise en charge urgemment à la Maternité de Befelatanana à Madagascar [15].

Quant aux facteurs indirects associés au décès maternel à l'Hôpital Général de Référence de Bunia, il s'est observé que 57,7% de décès maternel sont associés aux facteurs indirects inconnus. Et cela, était plus constaté chez les enquêtées âgées de 32 - 37 ans (100%), n'ayant pas suivi la CPN (93,8%), des niveaux d'études primaires et secondaires (100%) et provenant de Z.S.R de Bunia (90,9%).

Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par les auteurs [16] et [17] à Kinshasa où les facteurs indirects de décès maternel enregistré étaient non élucidés chez la plupart des femmes.

Les résultats de la présente étude coïncident également avec ceux de l'auteur [18] au Sud Kivu où 26% de décès maternel n'avaient pas des facteurs indirects bien éclaircis.

Par ailleurs, ces constats sont à l'encontre des résultats escomptés par l'auteur [7] au Centre Hospitalier Universitaire Ignace Deen de Conakry où une consultation prénatale tardive et l'accouchement à domicile sont des facteurs conduisant indirectement au décès maternel chez la plupart des femmes (31%). En plus, l'obésité, l'âge maternel croissant, le diabète et le tabagisme sont des facteurs indirects favorisant le décès maternel en Afghanistan [6]. On enregistre également le manque de produits sanguins, le déficit en personnels qualifiés, l'absence de services de réanimation et d'unités de soins intensifs comme étant des principaux facteurs associés indirectement au décès maternel [19].

Les résultats de la présente étude s'expliquent par le fait que les facteurs directs et indirects de décès maternel sont multifactoriels, car d'une part, les femmes elles-mêmes n'observent pas les normes telles que apprises durant les consultations prénatales et d'autre part, le personnel n'assure pas des évaluations rigoureuses pour épargner ces femmes de dangers.

5 CONCLUSION

Ce travail a porté sur les facteurs associés au décès maternel à l'Hôpital Général de Référence de la Zone de Santé Rurale de Bunia.

L'objectif visé par cette étude était de déterminer les facteurs associés au décès maternel à l'Hôpital Général de Référence de la Zone de Santé Rurale de Bunia.

Pour y parvenir, deux questions ont été posées:

- Quels sont les facteurs directs associés au décès maternel à l'Hôpital Général de Référence de Bunia ?
- Quels sont les facteurs indirects associés au décès maternel à l'Hôpital Général de Référence de Bunia ?

En menant cette étude, les hypothèses émises étaient que 50% des facteurs associés directement au décès maternel est l'hémorragie du post partum et 50% des facteurs associés indirectement au décès maternel est l'anémie.

Etant du type quantitatif exploratoire, d'approche rétrospective, cette étude a été réalisée sur un échantillon exhaustif de 26 cas décès, grâce à la méthode transversale soutenue par l'analyse documentaire des fiches de CPN, les partogrammes et les fiches de revue de décès maternel.

Après analyse et traitement des données, les résultats suivants ont été escomptés:

- L'hémorragie du post partum est le principal facteur direct associé au décès maternel chez 38,5% des cas.
- Les facteurs inconnus sont indirectement associés à 57,7% cas de décès maternel.

Après avoir examiné ces résultats, les observations confirment la première hypothèse et infirment la seconde. Par conséquent, nous souhaitons recommander que le gouvernement accompagne l'Hôpital Général de Référence de Bunia dans les actions de la lutte contre le décès maternel en renforçant la capacité des prestataires dans la prise en charge des femmes. Mais aussi, que les femmes mettent en pratique toutes les orientations qui leur sont proposées pendant les consultations prénatales.

REFERENCES

- [1] OMS, 2020, Un nouveau rapport met en avant une stagnation des taux de mortalité maternelle dans plusieurs pays d'Europe malgré les progrès récents, <https://www.who.int/europe/fr/news/item/01-03-2023-maternal-mortality-rates-stagnate-in-some-countries-in-europe-despite-recent-progress--new-data-warn>.
- [2] KLUGE, 2023, *Le défi de la mortalité maternelle au Tchad* <https://reports.unocha.org/fr/country/chad/card/4NCbLUvYvd/>.
- [3] UNFPA, 2012, *Les facteurs sociaux déterminant la mortalité et l'invalidité maternelles*. <https://www.unfpa.org/sites/default/files/resource-pdf/FR-SRH%20fact%20sheet-Poormother.pdf>
- [4] MESSAOUDI, 2013, *La Mauritanie a toujours un taux de mortalité maternelle élevé*, <https://www.voaafrique.com/a/la-mauritanie-a-toujours-un-taux-de-mortalite-maternelle-extremement-eleve/3321868.html>.
- [5] YINGER, 2012, *How are the income group thresholds determined*. <https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/topics/19280-country-classification> (Consulté le 14 juin 2024).
- [6] UNFPA, 2015, *En Afghanistan, les sages-femmes contribuent à la réduction du taux très élevé de mortalité maternelle*, <https://www.unfpa.org/fr/news/en-afghanistan-les-sages-femmes-contribuent-la-reduction-du-taux-tres-eleve-de-mortalite>.
- [7] IGHOBOR, 2014, « Césarienne: facteur de Réduction de Morbidité et de mortalité foeto-maternelle au Centre Hospitalier Universitaire Ignace Deen de Conakry (Guinée) » *Méd d'Afrique noire*. 2010; Vol. 45 (6): 359–364. [Google Scholar].
- [8] RANSOM, 2012, *La mortalité maternelle en Mauritanie se situe autour de 582/100.000 naissances vivantes*, <http://www.portail-humanitaire.org/news/mortalite-maternelle-mauritanie-se-situe-autour-de-582100-000-naissances-vivantes/>.
- [9] EDS/MICS, 2015, *National, regional, and worldwide estimates of stillbirth rates in 2015, with trends from 2000: a systematic analysis*. Lancet Glob Health. 2016 Feb; 4 (2): e98-e108. doi: 10.1016/S2214-109X (15) 00275-2.
- [10] UNICEF, 2020, Infectious and hemorrhagic complications of cesarean section, about 2200 procedures». *Rev Fr Gynecol Obstet Journal de gynécologie, obstétrique et biologie de la reproduction*. 2015; Vol. 42 (6): 509-10. 9.
- [11] Rapport semestre 1, Division Provinciale de la Santé de la Province de l'Ituri, RDC, p.46-53, 2023.
- [12] DJEMILI S., 2015, Étude des facteurs de risques obstétricaux dans le suivi de 365 grossesses primipares adolescentes à l'île de la Réunion, *J Gynecol Obstet Biol Reprod* 34 Cah. 1 Paris Masson, p. 694-701.
- [13] BENHAMOU, 2019, *Mortalité maternelle en Afghanistan: le pays où les femmes meurent en donnant la vie*, <https://www.visapourlimage.com/festival/expositions/mortalite-maternelle-en-afghanistan-le-pays-ou-les-femmes-meurent-en-donnant-la-vie>.

- [14] OUEDRAOGO C., 2020, Mortalité maternelle en Afrique de l'Ouest: comment, combien et pourquoi ? *Gynecol Obstet Biol Reprod.* 31: p.80-89.
- [15] FENOMANANA M. et Al., 2019, Les facteurs de risque de mortalité par hémorragies du post-partum à la Maternité de Befelatanana - CHU Antananarivo - Madagascar. *Revue d'Anesthésie Réanimation et de Médecine d'Urgence* (July-August). 1 (3): p.4-7.
- [16] MAMBU T., KAYEMBE P. et Al., 2015, Les retards de recours et de soins à Kinshasa en cas de maladie sévère chez la femme en âge de procréer Résumé, *Revue d'Epidémiologie et de santé publique*», vol. 58 (3), p. pp 189–196.
- [17] KABALI E. et Al., 2016, Complications of childbirth and maternal deaths in Kinshasa hospitals: testimonies from women and their families. *BMC pregnancy and childbirth*, n° 11 (1), 29, 2016.
- [18] MBEVA et Al. en 2018, *L'évolution de la fréquence des césariennes dans les zones de santé du Sud Kivu*, <https://ripsec.org/ersp-ucb/evolution-de-frequence-cesariennes-zs-sud-kivu/> (Consulté le 1 juillet 2022).
- [19] NDIYE et Al., 2019, Geographic Variations in Health Care: What Do We Know and What Can Be Done to Improve Health System Performance? OECD Health Policy Studies, Paris, Éditions OCDE, p278.

