

Numéro 6 Octobre 2025

ISSN 2960-1606

RAVSE

Revue d'Analyse des Vulnérabilités
Socio-Environnementales



Revue de Géographie du

LAVSE

<https://revue.lavse.org/>

PUBLIÉ PAR LE DÉPARTEMENT DE GÉOGRAPHIE DE L'UNIVERSITÉ ALASSANE OUATTARA

RAVSE

Revue de Géographie du Laboratoire d'Analyse des Vulnérabilités Socio-Environnementales, publiée par le Département de Géographie de l'Université Alassane Ouattara, Bouaké, Côte d'Ivoire

INDEXATION

Scientific Journal Impact Factor (SJIF)

<https://sjifactor.com/passport.php?id=23819>

Impact Factor : 5,333 (2025)

ADMINISTRATION DE LA REVUE

Directeur

Joseph P. ASSI-KAUDJHIS, Professeur Titulaire à l'Université Alassane OUATTARA (UAO)

Secrétariat de rédaction

- Konan KOUASSI, Professeur Titulaire à l'UAO
- Narcisse Bonaventure ASSI-KAUDJHIS, Professeur Titulaire à l'UAO

Secrétariat administratif et technique

- Konan KOUASSI, Professeur Titulaire à l'UAO
- Guy Roger Yoboué KOFFI, Maître-Assistant à l'UAO
- Edouard Zadi ZOGBO, Maître-Assistant à l'UAO
- Pierre Anvo AYEMOU, Maître-Assistant à l'UAO
- Senguen KOUAKOU, Assistant, Informaticien, à l'UAO
- Adeline Olga BRISSY, Maître-Assistant à l'UAO
- Enoc One GUEDE, Maître-Assistant à l'UAO

Comité scientifique

- DJAKO Arsène, Professeur Titulaire, Université Alassane Ouattara (Côte d'Ivoire)
- ASSI-KAUDJHIS Narcisse Bonaventure, Professeur Titulaire, Université Alassane Ouattara (Côte d'Ivoire)
- SOKEMAWU Koudzo, Professeur Titulaire, Université de Lomé (Togo)
- GIBIGAYE Moussa, Professeur Titulaire, Université Abomey-Calavi (Bénin)
- GUEDEGBE Odile DOSSOU, Professeur Titulaire, Université Abomey-Calavi

(Bénin)

- **HECTHELI** Follygan, Professeur Titulaire, Université de Lomé (Togo)
- **KADOUZA** Padabô, Professeur Titulaire, Université de Kara (Togo)
- **BLE Celestin**, Directeur de Recherches, CRO (Côte d'Ivoire)
- **ASSA** Rebecca Rachel A., Professeur Titulaire, Université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire)
- **BOUPKESSI** Tchaa, Professeur Titulaire, Université de Lomé (Togo)
- **MÉDIEBOU** Chindji, Maître de Conférences Université de Yaoundé (Caméroun)
- **FANGNON** Bernard, Professeur Titulaire, Université Abomey-Calavi (Bénin)
- **YABI** Ibouraima, Professeur Titulaire, Université Abomey-Calavi (Bénin)
- **ABOUDOU** Ramanou Y. M. A., Professeur Titulaire, Université de Parakou (Bénin)
- **KOUMI** Rachelle, Maître de Recherches, CRO (Côte d'Ivoire)
- **BARIMA** Yao Sabas, Professeur Titulaire, Université Jean Lorougnon Guédé (Côte d'Ivoire)
- **CHEIKH** Samba Wade, Professeur Titulaire, Université Gaston Berger (Sénégal)
- **PAPA** Sakho, Maître de Conférences, Cheikh Anta Diop (Sénégal)
- **ADJAKPA** Tchékpo Théodore, Maître de Conférences, Université Abomey-Calavi (Bénin)

EDITORIAL

L'analyse de la vulnérabilité vise à comprendre les conditions et les expressions d'exposition néfaste aux catastrophes naturelles et aux crises dans le but de réduire leurs conséquences sur les populations, les territoires et les activités. La nécessité d'une approche géographique s'impose comme une réponse à la complexité de l'objet d'étude que constitue la vulnérabilité. La création de RAVSE résulte de l'engagement scientifique du Laboratoire d'Analyse des Vulnérabilités Socio-environnementales logé à l'Université Alassane Ouattara à contribuer à la diffusion des savoirs scientifiques. RAVSE est une revue spécialisée de Géographie dont l'objectif est de contribuer à éclairer la complexité des facteurs de vulnérabilités socio-environnementales et les stratégies de résiliences mises en place par les sociétés dans un contexte de développement durable. Elle maintient sa ferme volonté de réunir les contributions venant d'horizon divers qui donnent à la vulnérabilité socio-environnementale son épaisseur géographique. Ce support de publication scientifique vient donc renforcer la visibilité des résultats des travaux de recherche menés sur les vulnérabilités socio-environnementales en géographie et les sciences connexes. RAVSE est au service des enseignants-chercheurs, chercheurs et étudiants qui s'intéressent à l'analyse des vulnérabilités socio-environnementales. A cet effet, RAVSE accueillera toutes les contributions sur les thématiques liées aux facteurs de vulnérabilités socio-environnementales et les stratégies de résiliences.

Secrétariat de rédaction

COMITE DE LECTURE

- **ASSI-KAUDJHIS** Narcisse Bonaventure, Professeur Titulaire, Université Alassane Ouattara (Côte d'Ivoire)
- **SOKEMAWU** Koudzo, Professeur Titulaire, Université de Lomé (Togo)
- **GIBIGAYE** Moussa, Professeur Titulaire, Université Abomey-Calavi (Bénin)
- **GUEDEGBE** Odile DOSSOU, Professeur Titulaire, Université Abomey-Calavi (Bénin)
- **HECTHELI** Follygan, Professeur Titulaire, Université de Lomé (Togo)
- **KOUAME** Déhedé Paul, Maître de Conférences, Université Alassane Ouattara (Côte d'Ivoire)
- **MAFOU** Kouassi Combo, Maître de Conférences, Université Jean Lorougnon Guédé (Côte d'Ivoire)
- **N'GUESSAN** Kouassi Guillaume, Maître de Conférences, Université Jean Lorougnon Guédé (Côte d'Ivoire)
- **KOFFI** Yéboué Stéphane Koissy, Maître de Conférences, Université Péleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)

- **DJAH** Armand Josué, Maître de Conférences, Université Alassane Ouattara (Côte d'Ivoire)
- **KOUASSI** Kouamé Sylvestre, Professeur Titulaire, Université Alassane Ouattara (Côte d'Ivoire)
- **ADJAKPA** Tchékpo Théodore, Professeur Titulaire, Université Abomey-Calavi (Bénin)

AVIS AUX AUTEURS

La Revue d'Analyse des Vulnérabilités Socio-Environnementales (RAVSE), Revue de Géographie du LAVSE (Laboratoire d'Analyse des Vulnérabilités Socio-Environnementale) diffuse de travaux originaux de géographie qui relèvent du domaine des «Sciences de l'homme et de la société». Elle publie des articles originaux, rédigés en français, non publiés auparavant et non soumis pour publication dans une autre revue. Les normes qui suivent sont conformes à celles adoptées par le Comité Technique Spécialisé(CTS) de Lettres et sciences humaines / CAMES (cf. dispositions de la 38e session des consultations des CCI, tenue à Bamako du 11 au 20 juillet 2016).

1- Manuscrit

Les textes à soumettre devront respecter les conditions de formes suivantes :

- le texte doit être transmis au format document doc (word 97-2003);
- il devra comprendre un maximum de 60.000 signes (espaces compris), interligne 1,5, police de caractères Times New Roman 12 ;
- insérer la pagination et ne pas insérer d'information autre que le numéro de page dans le pied de page ;
- les figures et les tableaux doivent être intégrés au texte et présentés avec des marges d'au moins six centimètres à droite et à gauche. Les caractères dans ces figures et tableaux doivent aussi être en Times 12. Les titres des illustrations (carte, tableaux, figures, photographies) doivent être mentionnés ;
- Le comité de rédaction demande aux auteurs de préciser sur la première page :
 - Le titre du texte,
 - Pour chaque auteur, une notice comprenant :
 - les nom et prénoms,
 - le grade
 - le rattachement institutionnel,
 - l'adresse électronique,
 - Un résumé en un seul paragraphe de 1000 signes (espaces compris) maximum, qui devra être différent du premier paragraphe du texte. Il doit notamment énoncer l'objectif poursuivi par l'auteur.
 - Proposer six mots clés.
 - Proposer le texte lui-même.

NB : le résumé doit être traduit en anglais ainsi que les mots clés.

Le manuscrit doit respecter la structuration suivante : Introduction, Méthodologie, Résultats (analyse des Résultats), Discussion, Conclusion, Références bibliographiques (s'il s'agit d'une recherche expérimentale ou empirique).

Les notes infrapaginales, si elles existent, doivent être numérotées en chiffres arabes, rédigées en taille 10 (Times New Roman). Réduire au maximum le nombre de notes infrapaginales. Ecrire les noms scientifiques et les mots empruntés à

d'autres langues que celle de l'article en italique (*Solanum lycopersicum*).

Les articulations d'un article, à l'exception de l'introduction, de la conclusion, de la bibliographie, doivent être titrées, et numérotées par des chiffres (exemples : 1. ; 1.1. ; 1.2. ; 2. ; 2.2. ; 2.2.1 ; 2.2.2. ; 3. ; etc.). Les titres des sections du texte doivent être numérotés de la façon suivante :

1. Premier niveau, premier titre (Times 12 gras)

1.1. Deuxième niveau (Times 12 gras italique)

1.2.1. Troisième niveau (Times 12 italique sans le gras)

Les illustrations

Les tableaux, les cartes, les figures, les graphiques, les schémas et les photos doivent être numérotés (numérotation continue) en chiffres arabes selon l'ordre de leur apparition dans le texte. Ils doivent comporter un titre concis, placé au-dessus de l'élément d'illustration (centré). La source (centrée) est indiquée au-dessous de l'élément d'illustration (Taille 10). Ces éléments d'illustration doivent être : **i.** annoncés, **ii.** Insérés, **iii.** Commentés dans le corps du texte.

La présentation des illustrations : figures, cartes, graphiques, etc. doit respecter le miroir de la revue. Ces documents doivent porter la mention de la source, de l'année et de l'échelle (pour les cartes).

2- Notes et références

2.1. Les passages cités sont présentés entre guillemets. Lorsque la phrase citant et la citation dépasse trois lignes, il faut aller à la ligne, pour présenter la citation (interligne 1) en retrait, en diminuant la taille de police d'un point.

2.2. Les références de citation sont intégrées au texte citant, selon les cas, ainsi qu'il suit :

- Initiale (s) du Prénom ou des Prénoms et Nom de l'auteur, année de publication, pages citées (T. K. YEBOUE, 2017, p. 18);
- Initiale (s) du Prénom ou des Prénoms et Nom de l'Auteur (année de publication, pages citées).

Exemples:

En effet, l'objectif poursuivi par K. Kouassi (2012, p. 35), est «une meilleure appréhension des enjeux de la problématique de l'insalubrité dans l'espace urbain en général et à Adjamé (...)»

2.3. Les sources historiques, les références d'informations orales et les notes explicatives sont numérotées en continue et présentées en bas de page.

2.4. Les divers éléments d'une référence bibliographique sont présentés comme suit : Nom et Prénom (s) de l'auteur, Année de publication, Titre, Lieu de publication, Editeur, pages (p.) **pour les articles et les chapitres d'ouvrage.**

Le titre d'un article est présenté entre guillemets, celui d'un ouvrage, d'un mémoire ou d'une thèse, d'un rapport, d'une revue ou d'un journal est présenté en italique. Dans la zone Editeur, on indique la Maison d'édition (pour un ouvrage), le Nom et le numéro/volume de la revue (pour un article). Au cas où un ouvrage est une traduction et/ou une réédition, il faut préciser après le titre le nom du traducteur et/ou l'édition

(ex: 2nde éd.).

2.5. Les références bibliographiques sont présentées par ordre alphabétique des noms d'auteur. Par exemple:

Références bibliographiques

AMIN Samir, 1996, *Les défis de la mondialisation*, L'Harmattan, Paris, 345 p.

BERGER Gaston, 1967, *L'homme moderne et son éducation*, PUF, Paris, 368 p.

DIAGNE Souleymane Bachir, 2003, «Islam et philosophie. Leçons d'une rencontre», *Diogène*, 202, p. 145-151.

DIAKITE Sidiki, 1985, *Violence technologique et développement. La question africaine du développement*, L'Harmattan, Paris, 153p.

LAVIGNE DELVILLE Philippe, 1991, Migration et structuration associative : enjeux dans la moyenne vallée. In : *La vallée du fleuve Sénégal : évaluations et perspectives d'une décennie d'aménagements*, Karthala, Paris, p. 117-139.

SEIGNEBOS Christian, 2006, Perception du développement par les experts et les paysans au nord du Cameroun. In : *Environnement et mobilités géographiques*, Actes du séminaire, PRODIG, Paris, p. 11-25.

SOKEMAWU Koudzo, 2012, « Le marché aux fétiches : un lieu touristique au cœur de la ville de Lomé au Togo », In : *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé*, Série « Lettre et sciences humaines », Série B, Volume 14, Numéro 2, Université de Lomé, Lomé, p. 11-25.

Pour les travaux en ligne ajouter l'adresse électronique (URL).

3. Nota bene

3.1. Le non-respect des normes éditoriales entraîne le rejet d'un projet d'article.

3.2. Tous les prénoms des auteurs doivent être entièrement écrits dans la bibliographie.

3.3. Pagination des articles et chapitres d'ouvrage, écrire p. 2-45, par exemple et non pp. 2-45.

3.4. En cas de co-publication, citer tous les co-auteurs.

3.5. Eviter de faire des retraits au moment de débiter les paragraphes, observer plutôt un espace.

3.6. Plan: Introduction (Problématique, Hypothèse), Méthodologie (Approche), Résultats (analyse des résultats), Discussion, Conclusion, Références Bibliographiques

Résumé: dans le résumé, l'auteur fera apparaître le contexte, l'objectif, faire une esquisse de la méthode et des résultats obtenus. Traduire le résumé en Anglais (**y compris le titre de l'article**)

Introduction: doit présenter le contexte, la situation problématique, le problème, les questions de recherche, les objectifs de recherche et si possible les hypothèses.

Outils et méthodes: (Méthodologie/Approche), l'auteur expose uniquement ce qui est outils et méthodes

Résultats: l'auteur expose ses résultats, qui sont issus de la méthodologie annoncée dans **Outils et méthodes** (pas les résultats d'autres chercheurs). L'Analyse des résultats traduit l'explication de la relation entre les différentes variables objet de l'article; le point "R" présente le résultat issu de l'élaboration (traitement) de l'information sur les variables.

Discussion: la discussion est placée avant la conclusion ; la conclusion devra alors être courte. Dans cette discussion, confronter les résultats de votre étude avec ceux des travaux antérieurs, pour dégager différences et similitudes, dans le sens d'une validation scientifique de vos résultats. La discussion est le lieu où le contributeur dit ce qu'il pense des résultats obtenus, il discute les résultats ; c'est une partie importante qui peut occuper jusqu'à plus deux pages.

Le Rédacteur en chef

Sommaire

<p>KONE Basoma, KONAN Kouamé Hyacinthe</p> <p><i>Les enjeux sécuritaires des changements climatiques sur la transhumance dans le Nord de la Côte d'Ivoire</i></p>	14
<p>KOFFI Brou Émile, YÉO Brahim, DIALLO Issoufou</p> <p><i>Grossesses en milieu scolaire : une gestion sociale et éducative pour la maintenance des filles à l'école dans la direction régionale de l'éducation nationale et de l'alphabétisation du Hambol (Centre-Nord de la Côte d'Ivoire)</i></p>	31
<p>OUSSOU Anouman Yao Thibault</p> <p><i>Les enjeux spatiaux des pratiques culturelles dans la ville de Bouaké (Centre, Côte d'Ivoire)</i></p>	50
<p>Aniko ALEME, Aklèso Gnassigbé KEZIE, Essoyomèwè AKODABI, Tatongueba SOUSSOU, Tchaa BOUKPESSI</p> <p><i>Conversion, intensités et vitesses des changements par intervalle de temps (1985-2005 et 2005-2023) des unités d'occupation et d'utilisation des terres du parc national de l'Oti-Keran (PNOK) au Nord-Togo</i></p>	66
<p>KIARI FOUYOU Hadiza, ADOUM FORTEYE Amadou, MADJIGOTO Robert</p> <p><i>Analyse de la perception de sécurité par les communautés rurales du lac Tchad : exemple de la Région de Diffa au Niger et des Provinces du Kanem et du Lac au Tchad</i></p>	86
<p>TOGBE Janvier, KOFFI Amoin Prisca, BOHOUSSOU N'Guessan Séraphin</p> <p><i>Investissements communaux et accessibilité des populations aux services de l'état civil à Danané (Ouest de la Côte d'Ivoire)</i></p>	99
<p>Hamet Mahamane MAHAMADOU BACHIR, Moctar HASSANE, Kaka Kiari Boukar Kellou</p> <p><i>Stratégies de contournement à l'expansion de groupes terroristes : cas de Boko Haram dans la région de Diffa au Niger</i></p>	115
<p>TE Wrossépané Cynthia Charlene Epouse SERI, Bié Roméo</p> <p><i>Itinéraires thérapeutiques et logiques sociales du recours à la médecine traditionnelle dans la prise en charge des troubles mentaux : Cas du département de Korhogo, Région du Poro (Côte d'Ivoire)</i></p>	135

<p>PREGNON Lhey Raymonde Christelle</p> <p><i>Évaluation cartographique de la dégradation environnementale du quartier Zone industrielle de Bouaké (Côte d'Ivoire)</i></p>	155
<p>LANTONKPODE Aristide, BONI Gratien, WARI ABOUBAKAR Moussa, DJESSONOU Sèngla Franco-Néo Camus</p> <p><i>Manifestations de la variabilité hydro-climatique dans les communes de Djidja, d'Agbangnizoun et d'Abomey (Bénin, Afrique de l'ouest)</i></p>	174
<p>KONAN Kouakou Charles, AMALAMAN Marc Auriol, SOUMAHORO Saï Pou, TRA BI Zamblé Armand</p> <p><i>Analyse en ondelette de la relation pluie-débit dans le bassin versant de la Marahoué (centre-ouest de la Côte d'Ivoire)</i></p>	198
<p>QUENUM Comlan Irené Eustache Zokpénou</p> <p><i>Gentrification urbaine et spéculation foncière dans les quartiers en reconstructions de Cotonou : cas des 2^{ème} et 4^{ème} arrondissements</i></p>	211
<p>Boubacar BARRY, Cheikh Tidiane WADE, Dramane CISSOKHO</p> <p><i>Regard croisé entre le foncier et les ressources ligneuses en Moyenne Casamance septentrionale</i></p>	230
<p>DJORO-DJAPI Élodie Ange Éléonore, YRO Koulai Hervé, AKA Aké Brice Patrick</p> <p><i>Logiques portuaires d'Abidjan face au besoin d'espace</i></p>	247
<p>KOUASSI Kobenan Christian Venance</p> <p><i>Expansion urbaine et dysfonctionnement du système d'assainissement dans la ville de Djébonoua : entre risques environnementaux et défis d'aménagement</i></p>	259
<p>LILA RENI BIBRIVEN, ABOUBAKAR SALEH</p> <p><i>Dynamique Érosive des Berges du Chari et son Impact sur un Territoire Urbain à N'Djaména : Une Étude de Cas du 1er Arrondissement (1993-2023)</i></p>	279
<p>OUOBA Souleymane Jean-Claude, AFFO Fabien</p> <p><i>La dynamique régressive de forêt classée de Wari Maro : quel ancrage du sacre ?</i></p>	316
<p>MBENGUE Mamadou Saliou</p> <p><i>L'atteinte des odd 1, 2 et 5 par les organisations communautaires : l'exemple de l'Union Régionale des Associations Paysannes de Diourbel (URAPD)</i></p>	333

<p>Dominique Syrienne MINKOUE-MI-MBA, Clet Mesmin EDOU EBOLO, Marjolaine OKANGA-GUAY, Jean Bernard MOMBO</p> <p><i>Evaluation du plan sectoriel pêche et aquaculture (PSPA, 2004 à 2014) : le cas des pêcheries de la région de l'estuaire au Gabon</i></p>	352
<p>TANOÛ Kouamé Perèze</p> <p><i>Economie circulaire, une réponse à la gestion des déchets solides ménagers et à la résilience économique des populations à Bouaké (Côte d'Ivoire) ?</i></p>	378
<p>DIARRASSOUBA Bazoumana</p> <p><i>Assainissement du cadre de vie urbain à Man (côte d'ivoire) : entre contraintes physiques et pratiques des populations</i></p>	394
<p>NIAMIEN Kadjo Henri-Joel, KOUADIO N'Guessan Olivier</p> <p><i>Caractéristiques sociotechniques et contraintes de la production piscicole dans la sous-préfecture de Bouaké</i></p>	408
<p>Mor FAYE, Djibrirou Daouda BA, René Ndimag DIOUF</p> <p><i>Variabilité climatique et stratégies d'adaptation dans les villes secondaires du Sénégal : Cas de Mboro</i></p>	422
<p>BOULY SANE, Tidiane SANE, Cheikh FAYE, Fatima DIOP</p> <p><i>Potentiel en eau souterraine et activités économiques dans la Sous-Unité de Gestion et de planification des Ressources en eau de la Moyenne-Casamance (Sénégal)</i></p>	439
<p>KOFFI Guy Roger Yoboué, KOMENAN Komenan Gabin, KOUASSI Yao Privat</p> <p><i>Usages phytosanitaires en maraîchage urbain à Bouaké (Côte d'Ivoire) : entre résilience économique et risques sanitaires</i></p>	464
<p>KONAN Aya Suzanne</p> <p><i>Contraintes et stratégies de durabilité de la filière banane plantain dans la Sous-préfecture de Bonon (Centre - Ouest, Côte d'Ivoire)</i></p>	483
<p>MAHAMAT HEMCHI Hassane, BASSENA Pierre, OURSINGBE PASSAL Joachim</p> <p><i>Souvenir des avènements ratés de Faya-Largeau au nord du Tchad : entre utopie et perspective métropolitaine</i></p>	505
<p>YAO Adjoua Victoire, BRISSY Olga Adeline</p> <p><i>Accessibilité des personnes handicapées aux équipements à l'Université Alassane Ouattara (Côte d'Ivoire)</i></p>	527

FIEDI N'Zoré Pascal, SEKONGO Fougo Valy, DJE Kouamé Casimir, DIOMANDE Beh Ibrahim <i>Stratégies d'adaptation des systèmes cultureux des acteurs de la filière Bananière : cas de la sous-préfecture de Daoukro (Centre-Est de la Côte d'Ivoire)</i>	542
KI Léonce <i>Les biens culturels burkinabè sur les listes de l'UNESCO</i>	560
YAO KOUADIO DONALD <i>Les danses traditionnelles en pays Baoulé : cas de la sous-préfecture de Sakassou (centre de la Côte d'Ivoire)</i>	574

**DYNAMIQUE ÉROSIVE DES BERGES DU CHARI ET SON IMPACT SUR UN
TERRITOIRE URBAIN A N'DJAMENA : UNE ÉTUDE DE CAS DU 1ER
ARRONDISSEMENT (1993-2023)**

LILA RENI BIBRIVEN, (Ph. D)

Chargé de cours, Université de Ngaoundéré, Cameroun,

ORCID ID: 0009-0003-5923-838X,

Email: bibriven1lila@gmail.com

ABOUBAKAR SALEH, Diplômé de Master

Université de Ngaoundéré, Cameroun

Email: salehaboubakar08@gmail.com

(Reçu le 12 août 2025; Révisé le 28 août 2025 ; Accepté le 29 septembre 2025)

Résumé

L'érosion accélérée des berges du fleuve Chari représente une menace critique pour la stabilité socio-économique et environnementale de N'Djaména, exigeant une analyse approfondie pour des solutions durables. Cette étude analyse les impacts socio-économiques et environnementaux de l'érosion des berges le long du fleuve Chari dans le 1er Arrondissement de N'Djaména, au Tchad de 1993 à 2023. Adoptant une approche hypothético-déductive, elle combine une analyse géomorphologique, des observations de terrain, des évaluations granulométriques et des enquêtes auprès de 106 ménages dans cinq quartiers riverains, complétées par des images satellite Landsat et des données climatiques. Les résultats révèlent que les processus naturels, tels que l'enfouissement et l'action des vagues amplifiés par des vents de 19 km/h et des variations de débit saisonnier (8-4 850 m³/s) combinés à des pressions anthropiques comme l'extraction de sable (signalée par 49,06 % des résidents), intensifient l'érosion. L'étude quantifie un recul des berges de 36,77 mètres dans le quartier Milezie sur 15 ans et une perte de 80 % de la couverture forestière riveraine (de 7 934,8 m² en 1993 à 1 523,8 m² en 2023), l'emprise du fleuve passant de 0 % à 9 % du paysage. Les impacts socio-économiques incluent la perte de 745,36 hectares de terres arables, une baisse de 35 % des rendements de pêche et l'effondrement d'infrastructures comme l'avenue Ahmat Acyl, menaçant la connectivité urbaine. Les adaptations communautaires manquent de durabilité, tandis que les interventions étatiques (sacs de sable) sont insuffisantes. Contrairement aux études antérieures, cette recherche propose une cartographie diachronique et des métriques précises, offrant une perspective micro-géographique novatrice.

Mots-clés: Érosion des berges, fleuve Chari, vulnérabilité socio-écologique, stratégies de résilience, dynamiques géomorphologiques

EROSIVE DYNAMICS OF THE CHARI RIVERBANKS AND THEIR IMPACT ON AN URBAN TERRITORY IN N'DJAMENA : A CASE STUDY OF THE 1ST ARRONDISSEMENT (1993-2023).

Abstract

The accelerated erosion of the Chari River banks poses a critical threat to the socio-economic and environmental stability of N'Djaména, necessitating an in-depth analysis for sustainable solutions. This study analyzes the socio-economic and environmental impacts of bank erosion along the Chari River in N'Djaména's 1st Arrondissement, Chad, from 1993 to 2023. Using a hypothetico-deductive approach, it combines geomorphological analysis, field observations, granulometric assessments, and surveys of 106 households across five riverside districts, supplemented by Landsat satellite imagery and climate data. Results show natural processes like scouring and wave action amplified by 19 km/h winds and seasonal flow variations (8–4,850 m³/s) combined with anthropogenic pressures such as sand extraction (reported by 49.06% of residents), intensify erosion. The study quantifies a 36.77-meter bank retreat in Milezie over 15 years and an 80% loss of riparian forest cover (from 7,934.8 m² in 1993 to 1,523.8 m² in 2023), with the river's footprint expanding from 0% to 9% of the landscape. Socio-economic impacts include the loss of 745.36 hectares of arable land, a 35% decline in fishing yields, and collapsed infrastructure like Avenue Ahmat Acyl, threatening urban connectivity. Community adaptations lack sustainability, while state interventions (sandbags) are insufficient. Unlike prior studies, this research provides diachronic mapping and precise metrics, offering a novel micro-geographic perspective.

Keywords: Bank erosion, Chari River, socio-ecological vulnerability, resilience strategies, geomorphological dynamics

Introduction

Le sol est une ressource non renouvelable à l'échelle humaine, fondamentale pour l'équilibre socio-écologique planétaire. Il assure des fonctions économiques et écologiques vitales : filtration de l'eau, production de biomasse, régulation climatique et support d'une biodiversité terrestre représentant 25 % de la diversité biologique mondiale (Groupement d'Intérêt Scientifique Sol, 2020). Cette multifonctionnalité en fait un patrimoine stratégique, d'autant que seulement 6,4 % des terres émergées sont arables (L. Rattan, 2008, p. 60). Or, cette ressource rare subit une dégradation accélérée sous l'effet conjugué des pressions anthropiques et des changements climatiques. L'érosion hydrique et éolienne affecte désormais 65 % des sols mondiaux (FAO, 2019), avec des pertes annuelles estimées à 24 milliards de tonnes (Borrelli et al., 2017, p. 2013).

L'érosion des berges fluviales représente une manifestation critique de cette dynamique, particulièrement en milieu urbain dans les pays en développement. À N'Djamena, au Tchad, les berges du Chari subissent une régression alarmante, menaçant directement les infrastructures, les habitats riverains et les écosystèmes locaux. Ce phénomène illustre une crise environnementale systémique : entre 1993 et 2023, la commune du 1er arrondissement a perdu 12 % de ses terres riveraines (M. Febo, 2024), et des inondations ont provoqué l'effondrement de 50 habitations en 2018. La combinaison de facteurs hydro-géomorphologiques naturels (méandration, crues torrentielles) et d'impacts anthropiques (déforestation, extraction de sable, urbanisation non planifiée) crée une vulnérabilité socio-écologique aiguë.

Cette recherche répond à la question centrale : Dans quelle mesure les interactions complexes entre facteurs naturels et activités humaines ont-elles façonné la dynamique spatio-temporelle de l'érosion des berges du Chari dans le 1er arrondissement de N'Djamena sur trois décennies (1993-2023), et quel cadre de gestion adaptative intégré peut être développé pour atténuer ses impacts socio-économiques et environnementaux multidimensionnels ? Les objectifs spécifiques sont : 1) Analyser quantitativement la dynamique spatio-temporelle de l'érosion et identifier les facteurs naturels et humains contributeurs. 2) Évaluer les impacts socio-économiques et environnementaux associés. 3) Évaluer l'efficacité des mesures de stabilisation actuelles et proposer un cadre d'action adaptatif intégrant les savoirs locaux et les techniques de génie écologique.

L'érosion des berges relève d'une dynamique géomorphologique complexe régie par des interactions fluvio-sédimentaires. Les travaux de Haque et al. (1982, p. 300) en ont formalisé les mécanismes : l'affouillement basal des matériaux non cohésifs (sables, limons) et les glissements rotationnels des sols cohésifs (argiles) sous l'effet de la sursaturation hydrique. L'anthropisation des bassins-versants est un catalyseur majeur. L'extraction de granulats, représentant 85 % des flux sédimentaires anthropiques mondiaux, déséquilibre la charge solide des cours d'eau, induisant une érosion régressive (Karsenty et al., 2007, p. 369). Au Tchad, cette pratique informelle a réduit de 30 % la largeur du lit mineur du Chari depuis 1990 (Kertemar et al., 2014, p.80). La déforestation, responsable de 40 % de l'instabilité des berges en Afrique subsaharienne, supprime l'effet stabilisateur des systèmes racinaires.

L'intensification des précipitations extrêmes (+17 % en Afrique centrale depuis 1980, GIEC, 2021) accroît la fréquence des crues érosives. Comme le montrent Doudje et al. (2008, p.108) pour le Chari, une plaine alluviale surdimensionnée (500-1500 m) combinée à une charge sédimentaire réduite favorise la migration latérale accélérée des méandres. Ceci est aggravé par l'urbanisation riveraine, qui artificialise 68 % des berges à N'Djamena, limitant la résilience naturelle du système.

Les méthodes d'évaluation intègrent une approche multiscalaire : télédétection (Landsat, Sentinel) pour le suivi diachronique (A.M. Gurnell, 1997, p. 967), modélisation hydromorphodynamique et mesures in situ par érosion-pins (Lawler, 1993). L'analyse texturale des sols révèle que les berges du Chari présentent un ratio sablo-argileux critique (75 % sable, 15 % argile, 10 % limon), les classant comme matériaux à haut risque érosif.

Cette étude comble le manque de données quantitatives sur l'érosion des berges du Chari en adoptant une approche micro-géographique innovante. Elle analyse les interactions entre pratiques locales (extraction de sable, agriculture) et dynamiques fluviales, évalue les vulnérabilités socio-économiques différentielles et modélise les zones à risque. Sur le plan opérationnel, elle fournira aux décideurs tchadiens un cadre pour optimiser les stratégies de protection, délimiter des zones non constructibles et intégrer la gestion de l'érosion dans les plans d'adaptation climatique. Elle met en lumière l'importance des berges pour les 92 % des ménages riverains dépendant de la pêche et du maraîchage, visant à préserver un patrimoine socio-écologique essentiel.

1. Site et Situation Géographique de la Zone d'Étude

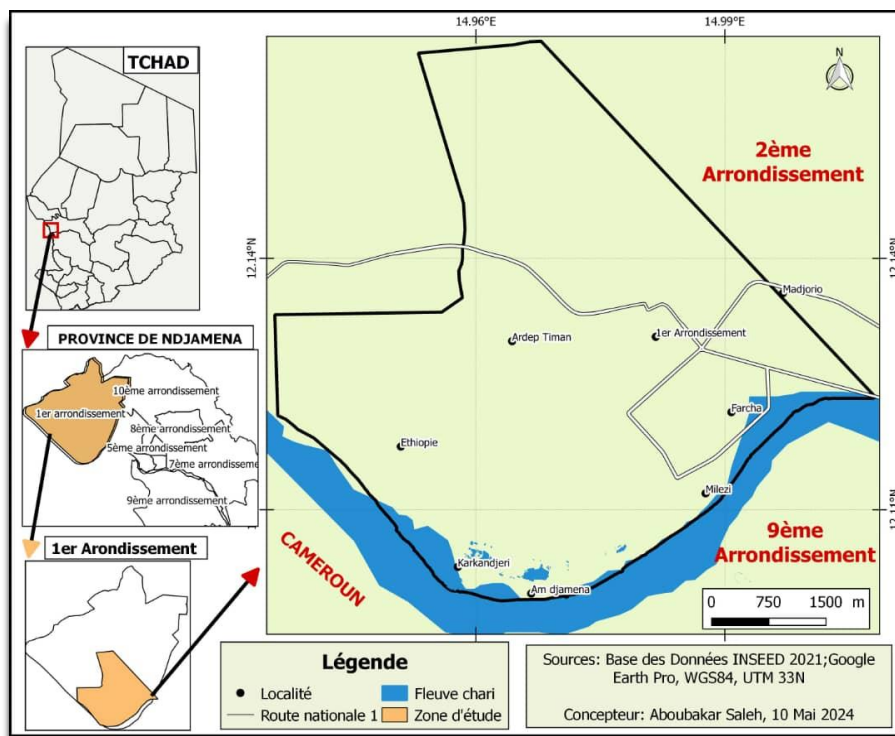
1.1. Cadre Temporel (1993-2023)

Cette étude analyse trois décennies (1993-2023) pour saisir la dynamique à long terme de l'érosion des berges du Chari dans le premier arrondissement de N'Djamena. Cette période étendue permet d'identifier les tendances évolutives, les variations saisonnières et l'influence combinée des facteurs naturels (hydrologie, climat) et anthropiques sur les processus érosifs (Parker et *al.*, 2008, p. 533). L'inclusion des données jusqu'en 2022 offre une évaluation actualisée des défis contemporains, essentielle pour une perspective diachronique complète et la projection de risques futurs dans ce milieu urbain riverain vulnérable.

1.2 Localisation Géographique

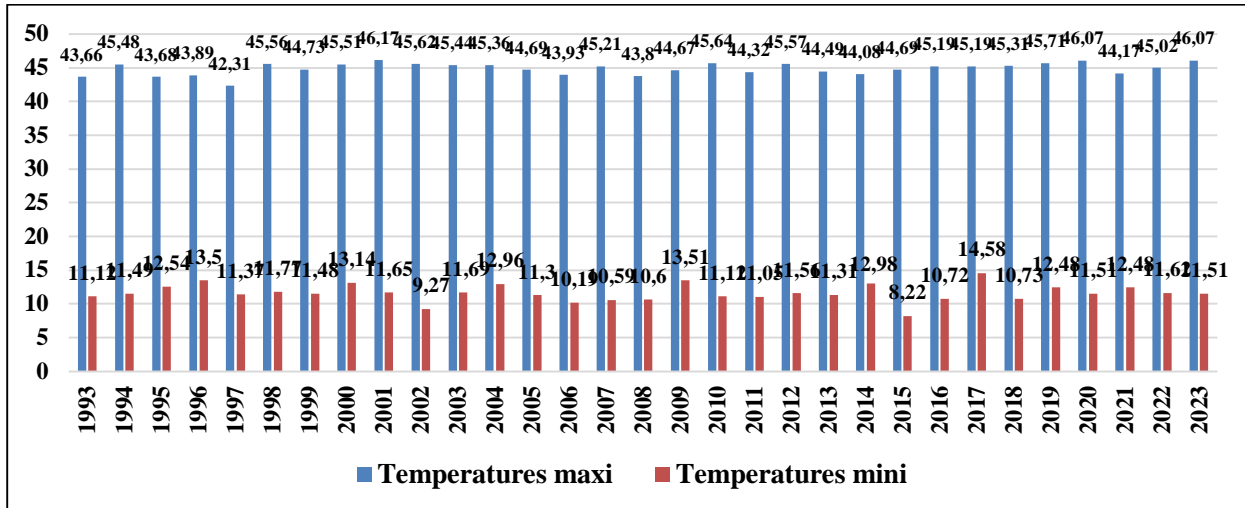
Positionnée aux alentours de 12°7' N et 15°3' E, N'Djamena, capitale du Tchad, s'est développée au confluent stratégique des fleuves Chari (rive droite) et Logone, sur une plaine alluviale quasi-plane (alt. 293-298 m). Structurée en dix Arrondissements Municipaux et 65 quartiers (Décret n° 285 / PR / PM / MIS / 08, 2009), son statut administratif équivaut à une région. Sa connectivité transfrontalière est assurée par trois ponts sur le Chari (Chagoua voie unique/voie double, Taiwan) et le pont de N'guéli sur le Logone, la reliant à Kousséri, Cameroun, (**Carte 1**).

Carte 1 : Localisation de la zone d'étude



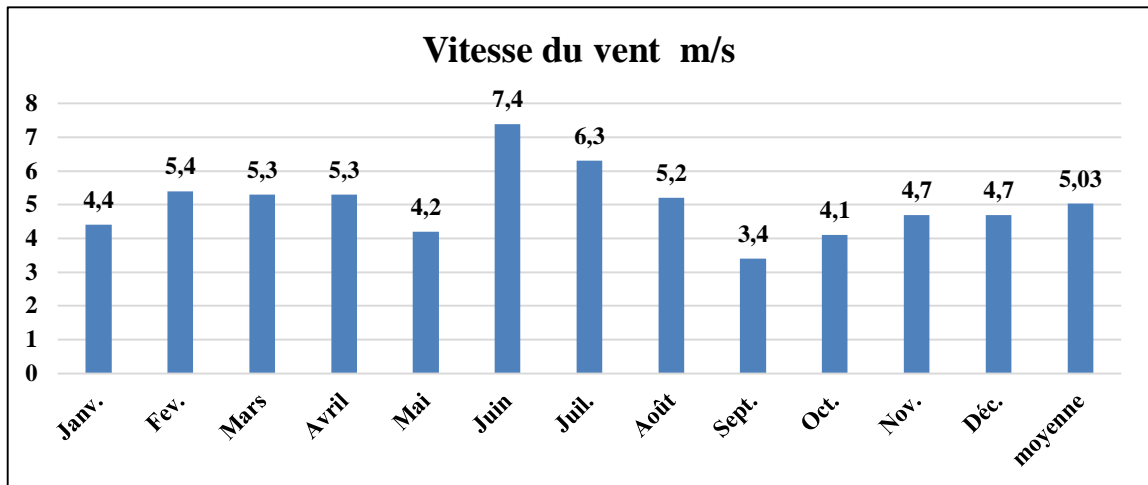
Créé en 2014, cet arrondissement englobe onze quartiers (Farcha, Milezi, Majoryo, Guimey, Djougoulier, Karkandjeri, Amsiné, Massil Abcoma, Zarafa, Alay, Ardeb-Timan). Il comptait environ 75 203 habitants (RGPH2, 2009), indiquant une pression anthropique élevée sur les berges du Chari, facteur central des vulnérabilités socio-économiques étudiées. N'Djamena connaît un climat sahélien marqué par deux saisons contrastées : humide (juin-septembre) et sèche longue (octobre-mai). L'amplitude thermique est extrême ($>40^{\circ}\text{C}$), avec des maxima atteignant 45°C (avril-mai) et des minima vers 18°C (décembre-janvier) (Figure 1). Le régime de vents alterne entre l'harmattan sec (NE, 4-5 m/s) et la mousson humide (SO, jusqu'à 7 m/s) (Figure 2), influencé par la ZCIT (Sultan & Janicot, 2003). Les précipitations sont très concentrées (août : 22,2 jours pluvieux en moy., (Figure 3), impactant directement le débit du Chari et l'érosion (WeatherSpark, 2024 ; ASSECNA, 2024).

Figure 1 : Températures max/min moyennes (1993-2023)



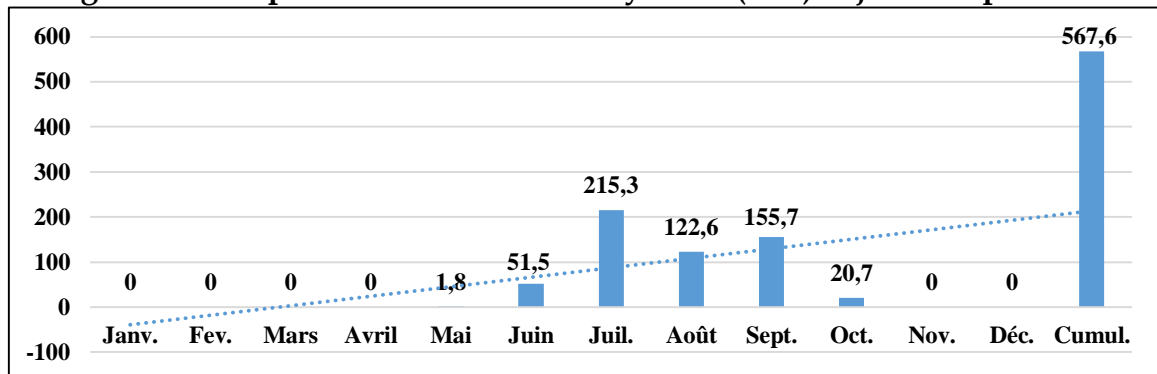
Source : ASECNA, 2024

Figure 2 : Ombrothermique et rose des vents (Ndjamena)



Source : (ANAM, 2024)

Figure 3 : Précipitations mensuelles moyennes (mm) et jours de pluie



Source : ASSECNA 2024

Le Chari (1200 km, bassin 650 000 km²), source en RCA, fournit 80% des apports du lac Tchad (Olivry, 1986, p.734). Son débit moyen à N'Djamena (1059 m³/s) varie fortement saisonnièrement, moteur principal de l'érosion des berges. Le Logone (source Adamaoua camerounais) conflue avec le Chari ; son débit diminue en aval

(infiltrations, évaporation). Les sols du site, sableux-argileux à sableux-limoneux, sont semi-perméables et sensibles à la désagrégation hydrique/éolienne. La topographie est remarquablement plate (dénivelé max. 21m/3km), aggravant les risques d'inondation et limitant le drainage. La couverture végétale riparienne, faible à modérée (graminées, arbustes), est cruciale pour la stabilité des berges mais souvent dégradée. N'Djamena a connu une croissance démographique rapide (env. 60 000 hab. en 1960 > 1 million+ aujourd'hui, projection 2,5 millions en 2030) (INSEED, 2014). Cette expansion, due à l'accroissement naturel et aux migrations (sécheresses, conflits) (Bouda et *al.*, 2014), exerce une pression foncière intense sur les berges du premier arrondissement. Les activités économiques riveraines jouent un rôle crucial tout en exerçant une pression significative sur les berges. L'agriculture maraîchère, bien que source de revenus grâce à sa nature intensive axée sur les légumes, contribue au déboisement et au terrassement des sols. L'élevage pastoral et nomade utilise les pâturages et l'accès à l'eau, mais fragilise les sols par le piétinement. La pêche artisanale représente une ressource halieutique majeure, mais les infrastructures associées perturbent localement la végétation. Le commerce transfrontalier avec le Cameroun constitue un axe majeur, tant formel qu'informel, via les ponts, générant un trafic intense. Enfin, le secteur tertiaire et informel, qui représente environ 40 % du PIB, est une source d'emplois, mais attire une population croissante vers des zones à risque. Cette concentration d'activités dans un espace contraint et physiquement vulnérable définit un contexte où gestion des risques d'érosion et développement urbain sont inextricablement liés.

2. Méthode et Données

Cette étude repose sur l'intégration stratégique de données primaires et secondaires pour analyser l'érosion des berges du Chari entre 1993 et 2023. Les données secondaires comprennent des archives satellitaires multispectrales (Landsat 5, 7 et 9), des séries climatiques historiques fournies par l'ASECNA et l'ANAM (précipitations, températures, vents), ainsi que des documents administratifs clés, notamment le Décret n°285/2009 qui structure l'organisation territoriale de N'Djamena. La collecte de données primaires a combiné plusieurs approches complémentaires. Cinquante sites d'observation géoréférencés ont été documentés par photogrammétrie terrestre, permettant une cartographie précise des zones érodées. Un échantillon représentatif de 106 ménages, répartis dans cinq quartiers riverains, a été interrogé à l'aide d'un questionnaire numérique structuré, administré sur la plateforme KoboToolbox. Les questions étaient organisées en cinq catégories pour recueillir des données sur le profil socio-démographique, la perception du risque, les impacts économiques, les stratégies d'adaptation et les propositions institutionnelles. Des entretiens semi-structurés ont également été réalisés avec sept acteurs institutionnels, et 120 photographies géocodées par GPS ont été enregistrées pour documenter visuellement l'évolution des berges.

Le traitement des données a utilisé des outils spécialisés pour la préparation et la calibration de chaque ensemble de données. L'analyse spatiale a été effectuée avec QGIS v3.44 (Solothurn) et Global Mapper, où les images satellites ont été orthorectifiées et préparées pour une analyse spatio-temporelle. Les données d'enquête ont été traitées statistiquement dans Excel et SPSS, permettant le croisement des variables environnementales et socio-économiques. De plus, cinq échantillons de sédiments prélevés sur les berges des sites d'étude ont été analysés par le biais du test en jarre, une méthode granulométrique peu coûteuse validée dans des études de terrain. La synergie de ces ensembles de données a permis d'atteindre trois objectifs clés : la quantification diachronique du recul des berges, la corrélation entre les extrêmes climatiques et l'accélération érosive, ainsi qu'une évaluation granulométrique des coûts socio-économiques. Cette triangulation méthodologique a garanti une robustesse analytique dans un contexte sahélien.

1.2. Méthodologie

Cette recherche adopte une approche hypothético-déductive combinant des méthodes quantitatives et qualitatives pour appréhender la complexité multifactorielle de l'érosion fluviale. La composante quantitative s'appuie sur la télédétection et la granulométrie pour mesurer objectivement les paramètres physiques, tandis que l'aspect qualitatif explore les dimensions perceptives à travers des entretiens semi-directifs.

Pour optimiser la représentativité spatiale et sociale, un échantillon de 106 ménages a été interrogé, sélectionné par échantillonnage aléatoire stratifié dans cinq quartiers riverains. Cette stratification s'est appuyée sur un zonage SIG préalable, identifiant des zones de vulnérabilité différenciée. La collecte de données numériques a été réalisée via KoboToolbox, réduisant les biais de transcription et permettant un suivi en temps réel de la couverture territoriale.

Les entretiens semi-directifs avec les parties prenantes institutionnelles ont été entièrement transcrits et soumis à une analyse thématique à l'aide du logiciel NVivo, révélant des motifs sémantiques dans les discours sur la gestion des risques.

Pour l'analyse spatiale, des algorithmes spécialisés ont quantifié l'évolution du chenal. L'indice de différence normalisée de l'eau (NDWI) a été calculé pour discriminer les surfaces aquatiques, selon la formule :

$$NDWI = \frac{(Green + NIR)}{(Green - NIR)}$$

Appliqué aux données de la série Landsat, cet indice a permis de modéliser la migration des berges avec une précision sub-métrique après 2013. Par ailleurs, l'érodabilité des sols a été estimée à l'aide de l'équation RUSLE révisée (Luvai et al., 2022, p. 2122554), intégrant des paramètres granulométriques issus de tests en bocal.

1.3. Préparation à l'analyse granulométrique

Un échantillonnage systématique des sédiments a été effectué à cinq emplacements équidistants (espacés de 2 km) le long des berges de la rivière Chari dans le 1er

arrondissement de N'Djaména. Des échantillons de sol représentatifs ont été collectés à l'aide de techniques d'excavation standardisées avec une truelle calibrée à chaque site (Sites 1 à 5). Immédiatement après la collecte, les échantillons ont été scellés dans des sacs plastiques étiquetés de manière unique avec les identifiants des sites correspondants pour assurer la traçabilité et éviter toute contamination pré-analytique (Planche Photographique 1a, b).

Planche 1a, b : Protocoles d'excavation et d'emballage pour prévenir contamination croisée.

Photo 1a : Lieu de Prélèvement

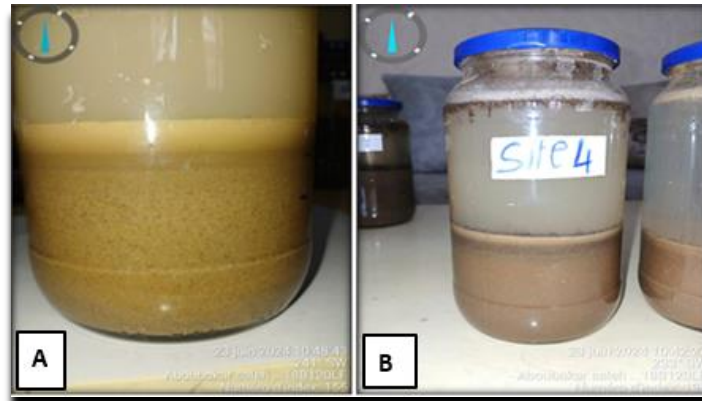
Photo 1b : Mesures Anti-Contamination



Source : Aboubakar Saleh 2024

Avant l'analyse granulométrique, les bocaux de sédimentation en verre ont été rigoureusement nettoyés et réétiquetés pour correspondre aux désignations des sites d'échantillonnage. Une profondeur de sol uniforme ($h_t = 7,0$ cm) a été transférée dans chaque bocal correspondant. De l'eau distillée a été ajoutée pour atteindre un niveau de remplissage constant, s'arrêtant à 1,0 cm sous le bord du bocal afin de minimiser les débordements lors de l'agitation ultérieure. Pour assurer une dispersion complète des particules et inhiber la floculation, chaque bocal a été soumis à une agitation manuelle vigoureuse pendant une durée standardisée de 180 secondes. Après l'agitation, les bocaux ont été stockés sans perturbation pendant une période de sédimentation de 24 heures dans un environnement contrôlé à température constante. La sédimentation des particules s'est effectuée selon la loi de Stokes, entraînant la formation d'horizons stratigraphiques distincts : sable (couche basale), limon (couche intermédiaire) et argile (couche superficielle), (Planche Photographique 2a, b).

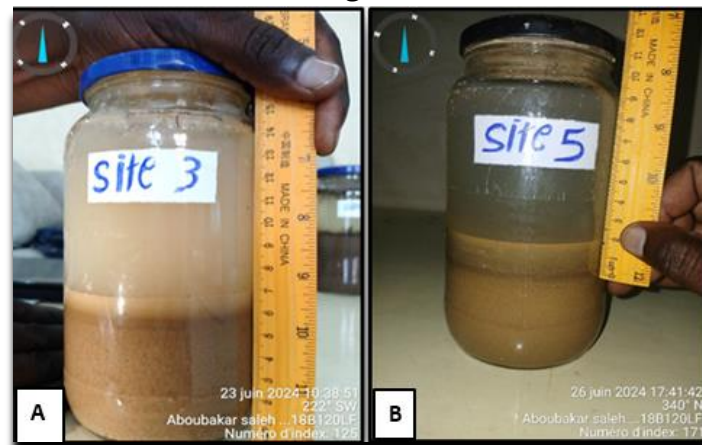
Planche 2a, b : Stratification tripartite, préalable critique à l'interprétation granulométrique



Source : Aboubakar Saleh 2024

Après la période de repos de 24 heures, l'épaisseur de chaque fraction sédimentaire (sable, limon, argile) a été mesurée au millimètre près ($\pm 0,1$ cm) à l'aide d'une règle graduée de 30 cm calibrée (Planche Photographique 3a, b).

Planche 3a, b : Mesure de la couche de sable et évaluation de l'interface limon-argile-



Source : Aboubakar Saleh 2024

La composition en pourcentage de chaque fraction granulométrique dans l'échantillon total a été calculée à l'aide de la formule standardisée :

$$\% \text{ Fraction} = (\text{Hauteur de la couche [cm]} \times 100) / 7$$

Pour fournir un contexte hydrodynamique concernant le potentiel d'érosion des berges, la vitesse d'écoulement de surface de la rivière (V_s) a été quantifiée à l'aide de la méthode standardisée du flotteur décrite par Dodjé (2014). Un tronçon rectiligne de 10 mètres ($d = 10$ m) de la rivière a été sélectionné. Le temps de transit d'un flotteur de surface a été enregistré sur cinq essais répétés. Le temps de transit moyen (\bar{t}) a été calculé, et la vitesse de surface a été dérivée comme suit :

$$V_s = d / \bar{t}$$

Le débit (Q) a ensuite été estimé en multipliant V_s par la section transversale du chenal (A), fournissant des données essentielles sur la capacité de transport des sédiments, pertinentes pour l'analyse de la stabilité des berges.

2. Résultats

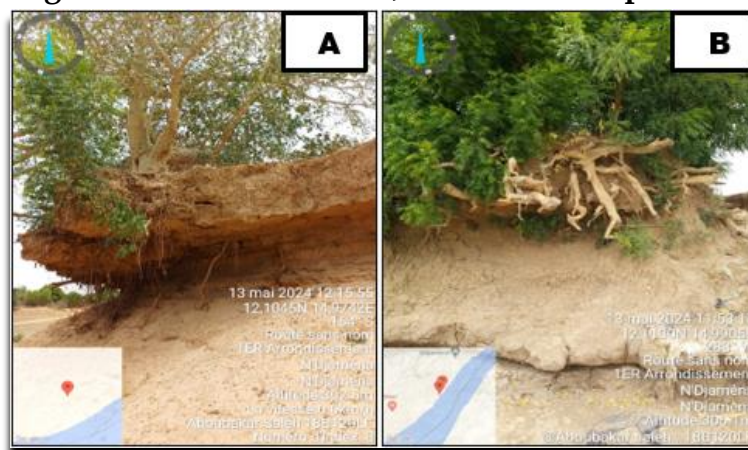
2.1 Analyse des facteurs et de l'état de l'érosion des berges du fleuve Chari dans le 1er arrondissement de N'Djaména de 1993 à 2023

La première partie des résultats évalue les facteurs et l'état de l'érosion des berges du fleuve Chari dans le 1er arrondissement de N'Djaména de 1993 à 2023, en analysant l'interaction entre les processus naturels et anthropogéniques qui entraînent l'érosion des berges du fleuve.

2.1.1 Processus hydrologiques et géomorphologiques de l'érosion fluviale

L'érosion des berges du fleuve Chari dans le 1er arrondissement est principalement causée par des processus fluviaux, notamment l'enfouissement et l'action hydraulique des vagues. L'enfouissement, processus impliquant l'élimination des sédiments du lit et des berges du fleuve, déstabilise considérablement l'intégrité structurelle des berges. Ce phénomène est prédominant en raison des fortes vitesses d'écoulement lors des crues saisonnières, qui détachent les particules et approfondissent ou élargissent le chenal du fleuve. Les observations de terrain menées en 2024 révèlent que l'enfouissement fragilise la base des berges, entraînant des affaissements et des effondrements, particulièrement dans les zones à sédiments meubles. Ce processus expose également les systèmes racinaires des arbres, réduisant leur stabilité et augmentant le risque de déracinement lors des hautes eaux (**Photo 4a, b**). L'action hydraulique, exacerbée par les vagues générées par le vent, accélère encore l'érosion. À N'Djaména, la saison venteuse, de novembre à avril, avec des vitesses de vent maximales en février atteignant en moyenne 19 km/h, génère une action significative des vagues. Ces vagues, combinées à l'impact mécanique des pirogues motorisées, érodent la base des berges, créant des cavités qui précipitent des effondrements soudains (**Planche Photographique 4a, b**).

Planche 4a, b : Berges du Chari affouillées, avec racines exposées et pentes érodées.



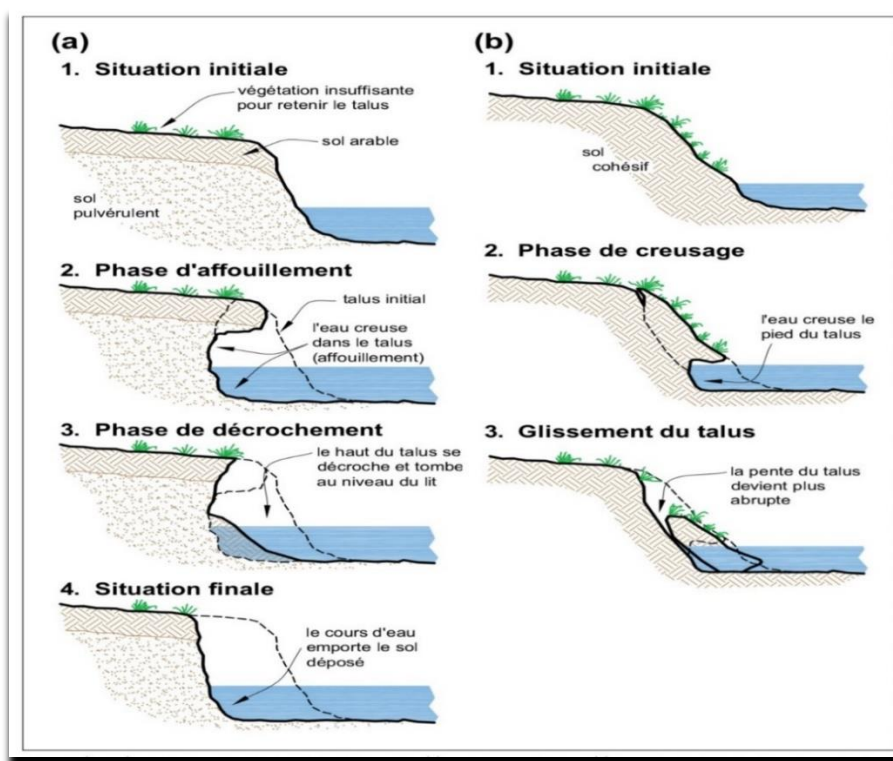
Source : Aboubakar Saleh, 2024.

2.1.2 Ruissellement de surface et mouvements de masse comme moteurs d'érosion

Le ruissellement de surface, particulièrement lors des épisodes de fortes pluies, est un autre facteur critique aggravant l'érosion des berges dans la zone d'étude. Les fortes

pluies, fréquentes de juin à septembre, créent des rigoles et des ravines qui affaiblissent la structure des berges. Le ruissellement détache les particules de sol, les transportant en aval et déstabilisant davantage les berges. Ce processus est intensifié par les cycles saisonniers de crues, qui augmentent la pression hydraulique sur des berges déjà compromises. De plus, les mouvements de masse, ou le glissement de grandes sections de la berge le long de plans de cisaillement, constituent un mécanisme érosif significatif, particulièrement dans les zones à sols riches en argile, comme le quartier Karkandjeri. Ces mouvements sont déclenchés par l'érosion de la base des berges par l'enfouissement ou l'action des vagues, combinée au poids des sols saturés pendant les crues. Le cycle de dessiccation et de gonflement des sols argileux aggrave encore ce processus en créant des fissures pendant les périodes sèches, qui sont ensuite infiltrées par l'eau de pluie, entraînant le détachement de blocs et des affaissements (Figure 4).

Figure 4 : Etapes des mouvements de masse et de l'érosion induite par le ruissellement le long des berges du fleuve Chari



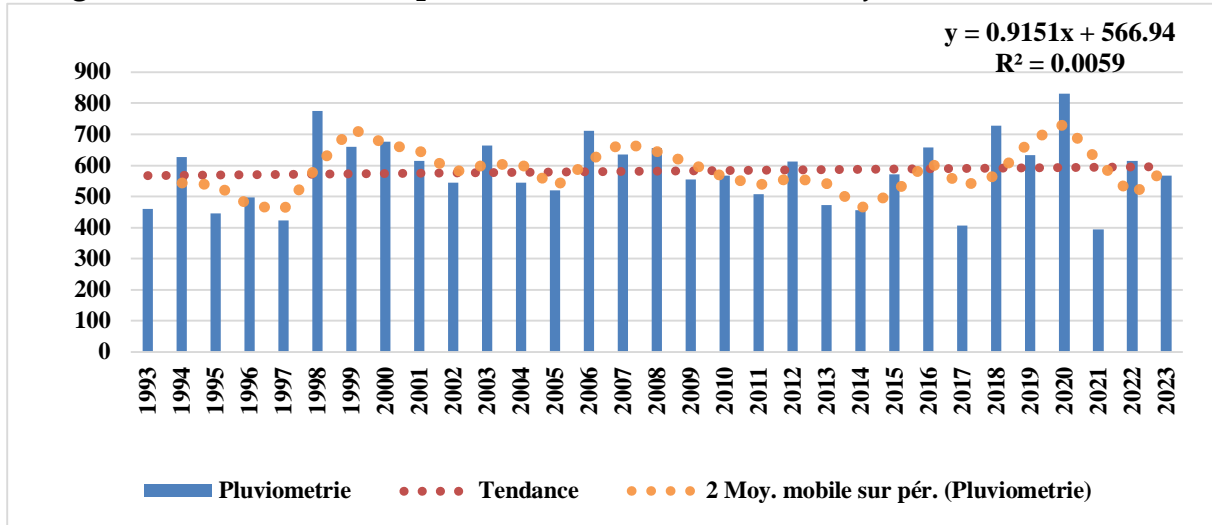
Source : Manuel de protection des berges 2015

2.1.3 Facteurs naturels influençant l'érosion des berges

Plusieurs facteurs naturels contribuent à l'érosion des berges du fleuve Chari dans le 1er arrondissement. La variabilité pluviométrique de la région, caractérisée par l'alternance de périodes sèches et humides, influence considérablement les dynamiques d'érosion. Les données de l'ASECNA (2024) indiquent que les précipitations annuelles à N'Djaména ont fluctué entre 1993 et 2023, avec des années sèches (1993–2000, moyenne inférieure à 600 mm) affaiblissant la couverture végétale

et des années plus humides (2001–2010, dépassant souvent 700 mm) intensifiant l'érosion fluviale (Figure 5).

Figure 5 : Evolution de la pluviosité dans la ville de N'Djamena, de 1993 à 2023



Source : ASECNA, 2024

La faible pente du terrain, avec des altitudes variant de 290 m à 305 m, facilite l'accumulation du ruissellement, augmentant l'énergie érosive. La composition des sols, principalement sableuse avec une faible teneur en argile, accroît la vulnérabilité à l'érosion en raison d'une faible cohésion. La couverture végétale clairsemée, composée principalement de nénuphars épars et de petites plantes, ne parvient pas à stabiliser les berges, les laissant exposées aux forces hydrauliques (Photo 1).

Photo 1 : Formations végétales clairsemées le long des berges du fleuve Chari



Source : Aboubakar Saleh, 2024

Les crues, décrites comme des inondations de plaine à déclenchement lent, jouent également un rôle en exerçant une contrainte de cisaillement sur les berges pendant les périodes de hautes eaux.

2.1.4 Facteurs anthropogéniques accélérant l'érosion

Les activités humaines aggravent significativement l'érosion des berges dans le 1er arrondissement. L'extraction de sable, identifiée par 49,06 % des résidents interrogés comme le principal moteur, perturbe le lit et les berges du fleuve, réduisant la disponibilité des sédiments et affaiblissant la stabilité structurelle. Les observations de terrain du 13 mai 2024 ont documenté une exploitation intensive du sable à l'aide de machines lourdes, qui accélère le recul des berges et dégrade la végétation riveraine (Planche Photographique 5a, b).

Planche 5a, b : Images des activités d'extraction de sable le long du fleuve Chari



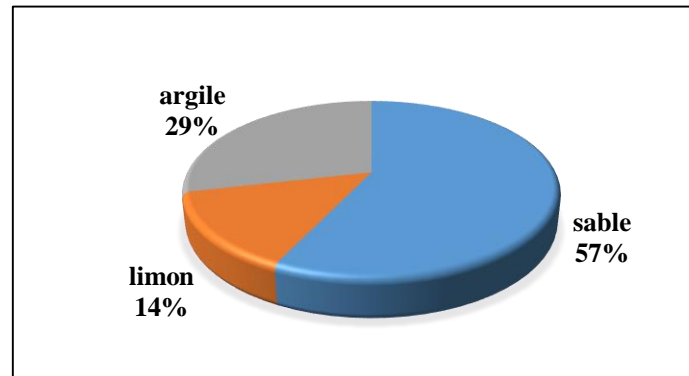
Source : Aboubakar Saleh, 2024

De même, l'extraction d'argile pour la production de briques pendant la saison sèche crée des vides dans le lit du fleuve, initiant des points d'érosion qui compromettent la stabilité des berges. Cette pratique, répandue parmi les communautés locales, menace paradoxalement leurs propres établissements. Le piétinement du bétail, observé le long des chemins de passage, compacte et déstabilise les sols, réduisant la couverture végétale et augmentant la susceptibilité à l'érosion par ruissellement. Les pratiques agricoles, y compris la déforestation et l'irrigation intensive, affaiblissent davantage les berges en éliminant la végétation stabilisatrice et en induisant une saturation des sols.

2.2 Analyse granulométrique et vulnérabilité à l'érosion.

L'analyse granulométrique des sédiments provenant de cinq sites le long du fleuve Chari fournit des informations cruciales sur la susceptibilité des berges à l'érosion. Le site 1, situé à 12,23°N, 15,0062°E, présente un sol sablo-argileux avec 57 % de sable, 14 % de limon et 29 % d'argile, indiquant une sensibilité modérée à l'érosion (Figure 6).

Figure 6 : Distribution granulométrique du site 1



Source : Aboubakar Saleh, 2024

Le site 2, à 12,1133°N, 14,9907°E, avec 64 % de sable, 22 % de limon et 14 % d'argile, montre une vulnérabilité plus élevée en raison de sa texture plus grossière. Le site 3, à 12,1090°N, 14,9862°E, présente une composition sablo-limoneuse (61 % de sable, 26 % de limon, 13 % d'argile), indiquant également un risque d'érosion significatif. Le site 4, à 12,1032°N, 14,9776°E, avec 68 % de sable, est hautement susceptible en raison de sa faible cohésion. Le site 5, à 12,0996°N, 14,9618°E, avec 46 % d'argile, est moins sujet à l'érosion mais vulnérable aux fissures pendant les périodes sèches, (Planche Photographique 6), (Tableau 1) et (Tableau 2).

Planche Photographique 6 : Résultats granulométriques et morphologie des berges du site 1-5



Source : Aboubakar Saleh, 2024

Tableau 1 : Résumé des fractions granulométriques de tous les sites

FRACTIONS	Sable	Limon	Argile
SITE 1	4cm	1cm	2cm
SITE 2	4,5cm	1,5cm	1cm
SITE 3	4,69cm	2cm	0,31
SITE 4	4,8cm	1,92cm	1cm
SITE 5	3cm	0,8cm	3,2cm

Source : Analyse des Données de Terrain 2024 - ABOUBAKAR SALEH

Tableau 2 : Types de sols et vulnérabilité à l'érosion

SITES, FR	SABLE	LIMON	ARGILE	Type de sol
Site 1	57%	14%	29%	Sableux-argileux (dominance de sable avec une proportion significative d'argile)
Site 2	64%	22%	14%	Sol Sableux (dominance marquée de sable)
Site 3	61%	26%	13%	Sableux (proportions équilibrées, mais sable dominant)
Site 4	68%	18%	14%	Sableux (dominance de sable)
Site 5	42,85%	11%	45,71%	Argileux (dominance d'argile)

Source : Analyse des Données de Terrain 2024 - ABOUBAKAR SALEH

La première partie de l'étude sur l'érosion des berges du fleuve Chari dans le 1er arrondissement de N'Djaména révèle que les processus fluviaux (affouillement, action des vagues, ruissellement, mouvements de masse) et les activités humaines (extraction de sable/argile, piétinement du bétail, agriculture) entraînent une érosion significative. L'analyse granulométrique, appuyée par la classification des textures de sol de la FAO, met en évidence les sols sableux, en particulier au site 4, comme hautement érodables en raison de leur faible cohésion. Ces résultats appellent une gestion intégrée, incluant le reboisement et des pratiques durables pour protéger l'intégrité socio-économique et écologique de la région, posant les bases d'une analyse plus approfondie.

2.3 Impacts socioéconomiques et environnementaux de l'érosion des berges du fleuve Chari dans la commune du 1er arrondissement de N'Djaména de 1993 à 2023

La deuxième partie des résultats évalue les impacts multiples de l'érosion accélérée des berges du fleuve Chari dans le 1er arrondissement de N'Djaména au cours des trente dernières années. Cette analyse va au-delà d'un simple recensement des dommages, offrant une évaluation synthétique de la manière dont les dynamiques géomorphologiques ont engendré des vulnérabilités socioéconomiques significatives et une dégradation environnementale. Les résultats s'inscrivent dans l'interface urbano-rurale de la zone d'étude, caractérisée par une forte densité de population et une dépendance critique envers les ressources du fleuve, soulignant ainsi la crise socio-écologique unique à laquelle la communauté est confrontée. L'analyse expose d'abord les profondes répercussions socioéconomiques, notamment l'effondrement des infrastructures, les perturbations économiques et les déplacements humains, avant de passer à une évaluation détaillée des conséquences environnementales, telles que la perte de biodiversité, les modifications hydrologiques et la détérioration des services écosystémiques.

2.3.1 Impacts socioéconomiques entre dégradation des infrastructures et perturbation des moyens de subsistance

La régression continue des berges du fleuve Chari se manifeste principalement par la dégradation catastrophique des infrastructures publiques, imposant de lourdes contraintes financières aux autorités municipales et compromettant gravement les services essentiels dont dépend la communauté. L'érosion des berges a directement affecté l'intégrité structurelle des bâtiments situés à proximité (**Photo 8a, b**). Ce phénomène est empiriquement démontré dans la commune, où des bâtiments administratifs et des établissements scolaires ont subi des effondrements partiels, conséquence directe de l'érosion des fondations par l'action fluviale.

En parallèle des dommages aux bâtiments, les infrastructures linéaires des réseaux de drainage des eaux pluviales ont été gravement compromises. L'effondrement des remblais soutenant ces systèmes a entraîné leur rupture et leur obstruction, réduisant considérablement leur capacité à gérer les écoulements lors d'épisodes de fortes précipitations. Cette défaillance provoque des inondations urbaines fréquentes, dégradant sévèrement l'accessibilité et la qualité de vie des résidents (Planche Photographique 7a, b et 8a, b).

Planche photographique 7a, b : A mur effondré d'une école ; Image b une salle de classe menacée par le recul de la berge.



Source : Aboubakar saleh 2024

Planche photographique 8 : Photos a et b montrant des canaux de drainage gravement endommagés



Source : Aboubakar saleh 2024

De plus, le réseau de transport est confronté à des menaces existentielles. Des artères cruciales, telles que l'avenue Ahmat Acyl, se trouvent désormais à une proximité dangereuse du chenal actif du fleuve, avec un bitume présentant des fissures significatives et menacé d'effondrement imminent (Planche Photographique 9a, b). Cette emprise perturbe la connectivité vitale du réseau, avec des implications profondes pour les échanges économiques et la mobilité sociale au sein du tissu urbain.

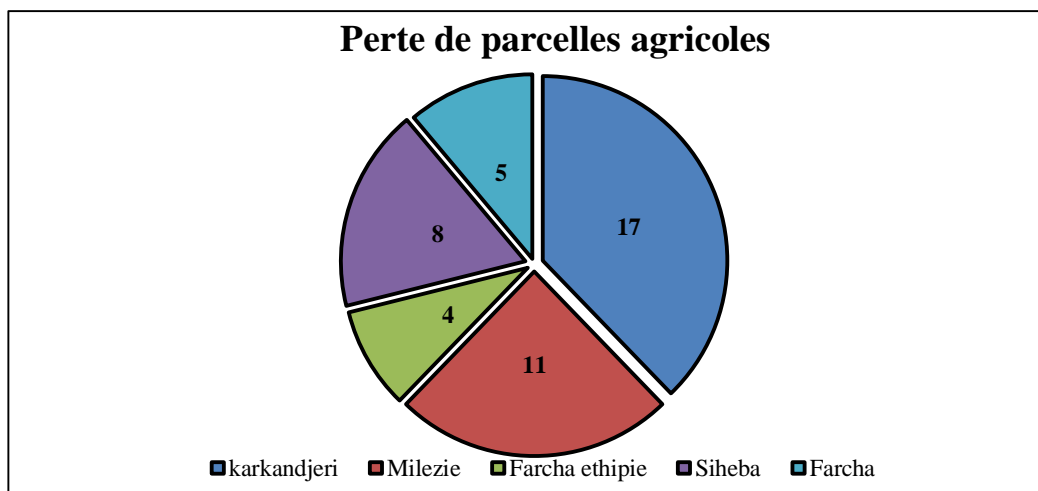
Planche Photographique 9a, b : Bordure de la route compromis et les fissures sur le bitume



Source : Aboubakar saleh 2024

Au-delà des infrastructures physiques, l'érosion a systématiquement démantelé les fondations économiques de la communauté, principalement par la perte insidieuse des terres agricoles. Le recul de la berge, estimé par les agriculteurs locaux à un rythme de 1 à 2 mètres par an, a progressivement englouti des parcelles fertiles dédiées au maraîchage, un pilier de l'économie locale. Cela entraîne non seulement une réduction quantitative des terres arables, mais aussi une dégradation qualitative de la fertilité des sols due au lessivage des nutriments et à la déstructuration, compromettant gravement la productivité agricole et la sécurité alimentaire (Figure 7)

Figure 7 : Evaluation de la perte de terres agricoles par quartier



Source : Enquête de terrain. Aboubakar 2024

Les impacts s'étendent également aux activités pastorales et de pêche. La perte de végétation riveraine réduit la qualité et la disponibilité du fourrage, tandis que l'augmentation de la turbidité de l'eau et la sédimentation dégradent les habitats

aquatiques, affectant négativement les stocks de poissons. En conséquence, les rendements de la pêche artisanale ont diminué de 35 %. Le transport fluvial, lien commercial vital entre N'Djaména et Kousséri, est également menacé par l'envasement et les dommages aux infrastructures d'accostage informelles, posant des défis à la navigation fluviale.

2.3.2 Déplacement humain et coûts psychosociaux

Le coût humain le plus profond de l'érosion est le déplacement forcé des populations. Les témoignages et les registres administratifs indiquent un processus s'étendant sur des décennies, où des maisons autrefois éloignées du fleuve ont été complètement englouties, obligeant les ménages à abandonner leurs propriétés et à chercher à se reloger, souvent dans des situations de location précaires ou des abris temporaires publics (**Photo 3**). Cette dépossession et la perte de terres ancestrales génèrent un traumatisme psychosocial important, incluant stress chronique, anxiété et un sentiment omniprésent d'incertitude. En termes de charge financière (humaine et matérielle), les autorités municipales estiment les coûts de réparation des infrastructures, de reconstruction et de réinstallation des populations touchées à plusieurs milliards de francs CFA (**Planche Photographique 10**) et (**Figure 8**).

Photo 3 : Les sinistrés des inondations de 2022 dans le premier arrondissement



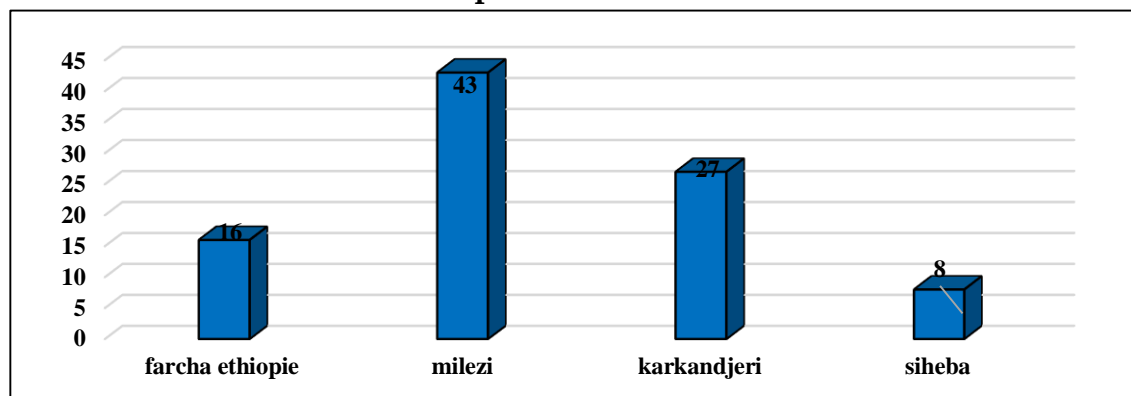
Source: le media Tchad Info 2022

Planche photographique 10 : Le recul des berges et ses impacts sur les habitations riveraines



Source : Aboubakar 2024

Figure 8 : Répartition de perte des maisons par l'érosion des berges par quartiers dans le premier arrondissement



Source : Aboubakar Saleh 2024

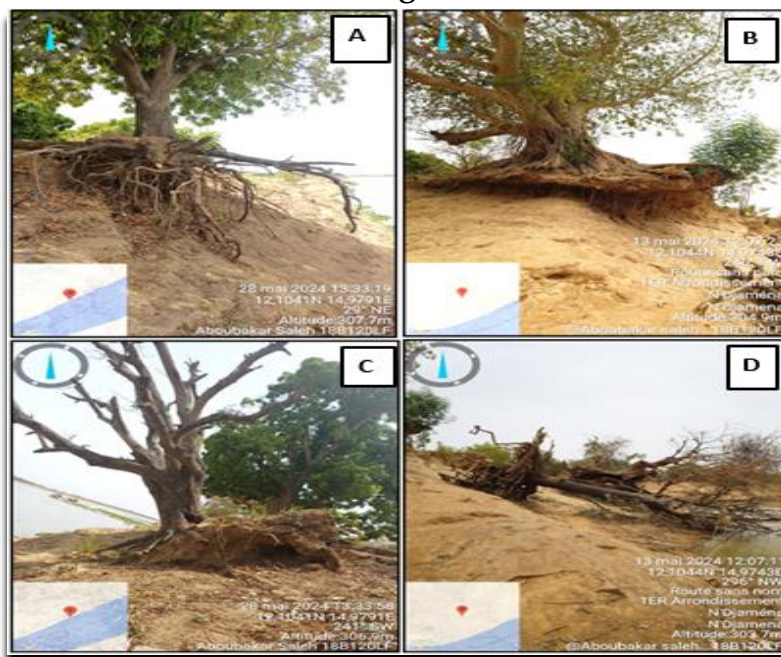
2.3.3 Impacts environnementaux

2.3.3.1 Perte de biodiversité et dégradation des écosystèmes

L'intégrité environnementale du corridor riverain a été gravement compromise par l'érosion des berges. L'impact le plus visible est la dégradation progressive et la perte de la végétation riveraine le long des berges du Chari. Le processus érosif arrache le sol, mettant à nu les systèmes racinaires et rendant les arbres vulnérables à la dessiccation et à l'effondrement. La perte de la forêt-galerie, qui agit comme un stabilisateur vital des berges et un habitat pour la biodiversité, a été drastique. Une analyse diachronique révèle une diminution précipitée, passant de 7 934,8 mètres de couverture forestière en 1993 à seulement 1 223,8 mètres en 2007. Bien que des efforts de reboisement initiés en 2008 aient permis une légère récupération à 1 523,8 mètres d'ici 2023, cette perte nette de plus de 80 % de la couverture initiale sur trente ans signifie une dégradation sévère et potentiellement irréversible de l'écosystème,

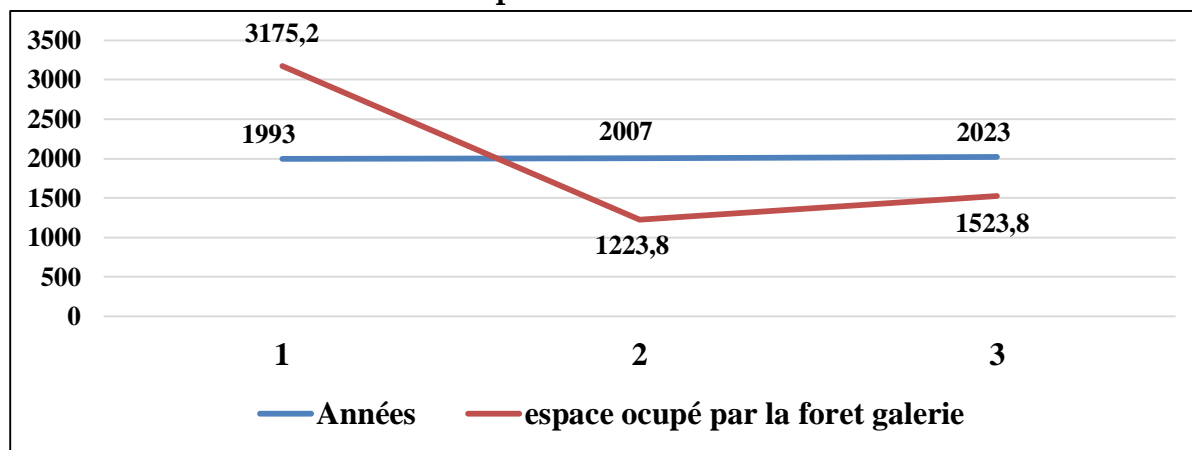
affaiblissant les défenses naturelles contre une érosion accrue (Planche photographique 11) et (Figure 9).

Planche photographique 11 : Images A-D montrant des racines dénudées, un arbre desséché et une végétation effondrée



Source : Aoubakar saleh (2024)

Figure 9 : La perte de la végétation arborée du a l'érosion des berges de 1993-2023 dans le premier arrondissement



Source : données lansat 1993 (5), 2007 (7), 2023(9)

Les vastes quantités de sédiments érodés des berges sont redéposées dans le chenal du fleuve, entraînant un envasement progressif et un abaissement de la profondeur. Les données indiquent que la profondeur moyenne du Chari est passée d'environ 4 mètres dans les années 1990 à 2-3 mètres aujourd'hui, soit une réduction de 44 % pour la période 1970-2008. Cet envasement entrave non seulement la navigation, mais modifie également les habitats aquatiques, augmente la turbidité et dégrade la qualité de l'eau en limitant la pénétration de la lumière et en affectant les fonctions respiratoires de la faune aquatique. L'effet combiné de l'envasement et de la perte de la capacité de

tampon des berges aggrave les risques d'inondation. La commune, située dans la plaine inondable du Chari-Logone, est très vulnérable aux inondations pendant la saison des pluies. La réduction de la capacité du chenal et la déstabilisation des berges entraînent des débordements plus fréquents et plus graves, comme l'ont démontré de manière catastrophique les inondations de 2020, qui ont déplacé des milliers de résidents (Photo 4).

Photo 4 : Les eaux de crue submergeant les rues et les véhicules en 2020 dans la commune du premier arrondissement

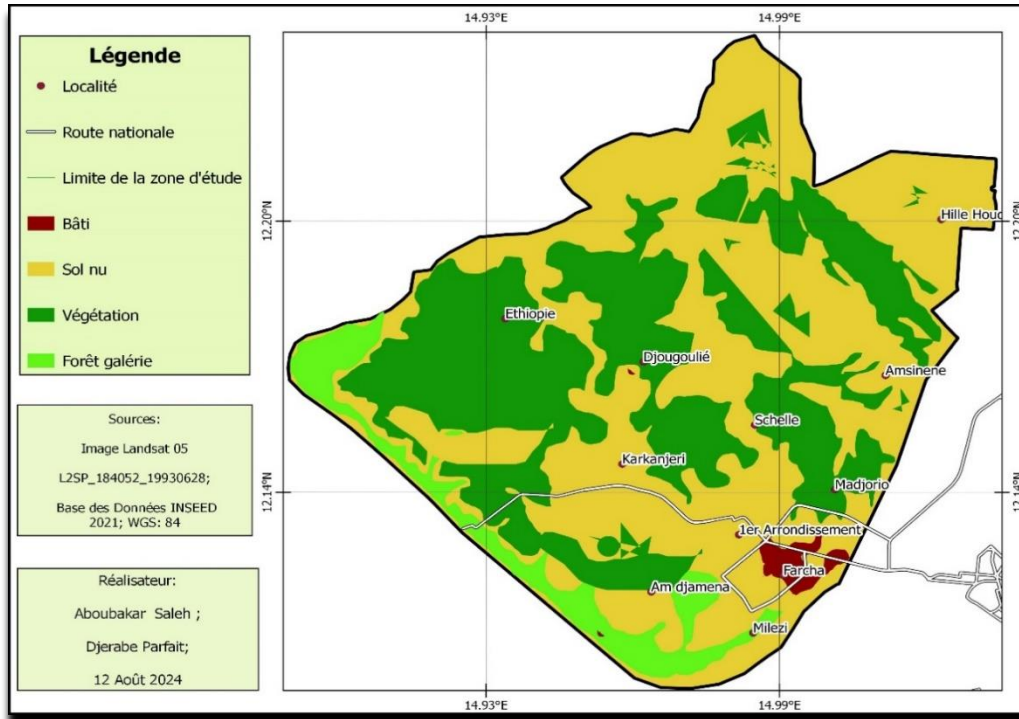


Source : les panafricaines 2020

2.3.3.2 *Analyse diachronique de la dynamique de la ligne de berge (1993-2023)*

Une analyse spatiotemporelle des changements d'utilisation des sols fournit des preuves quantitatives de la progression dramatique de l'érosion et de ses facteurs (Carte 2) et (Figure 10).

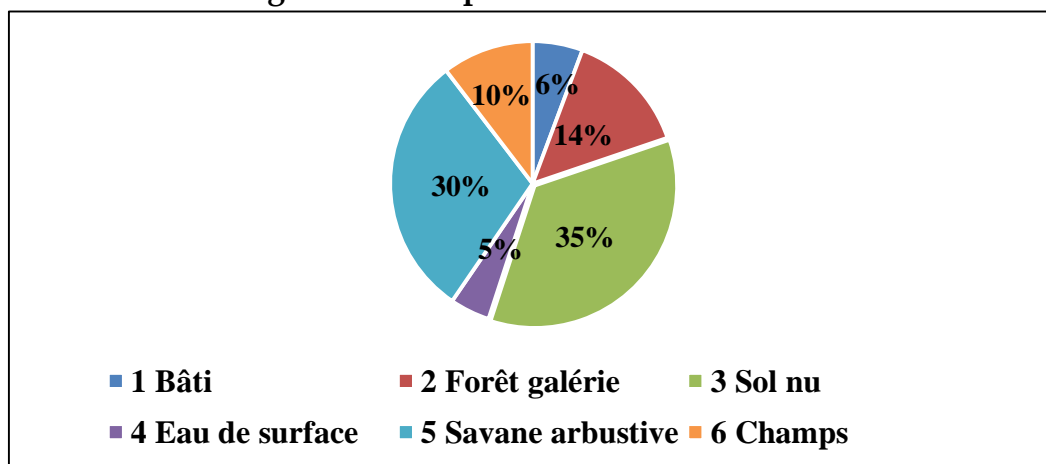
Carte 2 : Utilisation des sols 1993



Source : Base de données SOGEFI Tchad Réalisation : Aboubakar, parfait 2024

En 1993, la couverture terrestre était dominée par des caractéristiques naturelles : sol nu (35 %), savane (30 %) et une robuste forêt-galerie (14 %), avec une couverture urbaine (bâtiments) limitée à seulement 6 %. La présence du fleuve n'était pas encore une caractéristique dominante et envahissante du paysage.

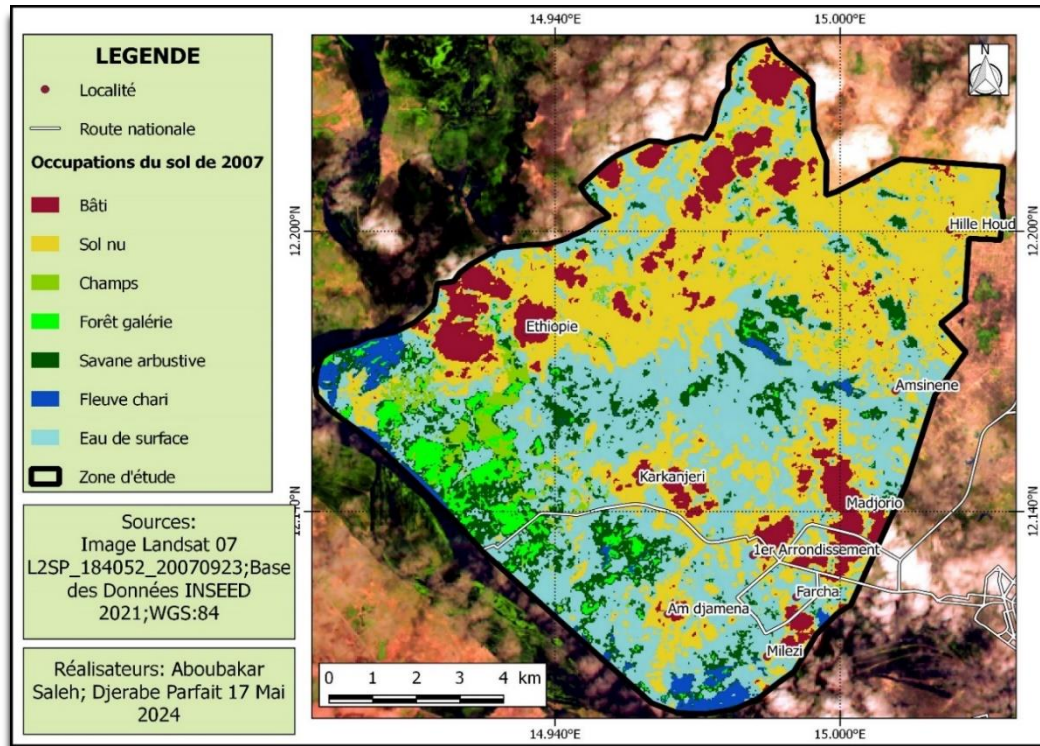
Figure 10 : occupation des sols en 1993



Source : Landsat 5

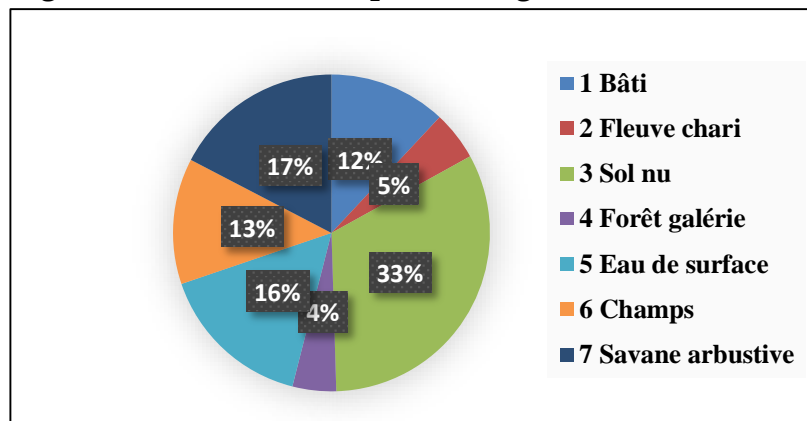
En 2007, une transformation significative est évidente. L'urbanisation avait doublé (bâtiments à 12 %), tandis que la forêt-galerie avait été décimée à 4 %. De manière critique, le fleuve Chari apparaît désormais explicitement sur la carte, occupant 5 % de la superficie de la commune, un témoignage cartographique clair de son avancée vers l'ouest et de la consommation des terres (Carte 3) et (Figure 11).

Carte 3 : Utilisation des sols 2007



Source : Base de données SOGEFI Tchad Réalisation : Aboubakar, parfait 2024

Figure 11 : Diagramme circulaire des pourcentages d'utilisation des sols en 2007

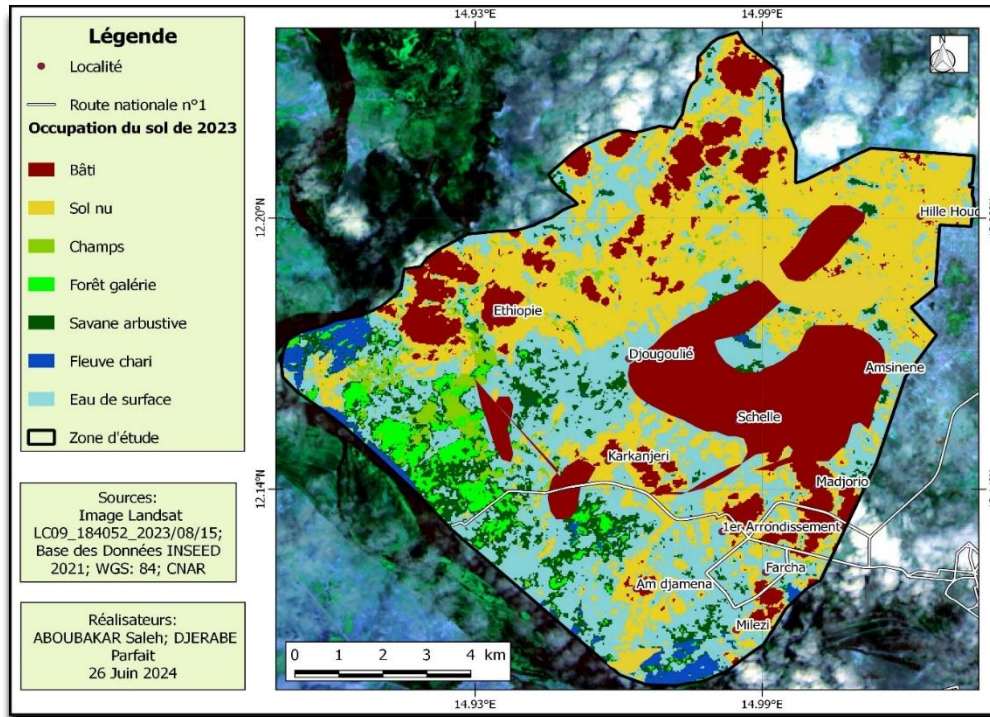


Source : Landsat 07

Les données de 2023 révèlent une tendance accélérée. Les bâtiments couvrent désormais 18 % de la commune, reflétant une forte pression démographique. L'empreinte du fleuve s'est encore élargie à 9 %, confirmant la nature implacable du processus d'érosion. La forêt-galerie reste stagnante à un niveau critique de 5 %, indiquant que les efforts de reboisement peinent à compenser les pertes continues (Carte 4) et (Figure 12). Une analyse spécifique de la régression de la ligne de berge dans le quartier Milezie offre une confirmation visuelle et métrique frappante. Une cartographie comparative entre 2007 et 2023 mesure une distance moyenne d'érosion de 36,77 mètres sur cette période de 15 ans, illustrant graphiquement le rythme auquel

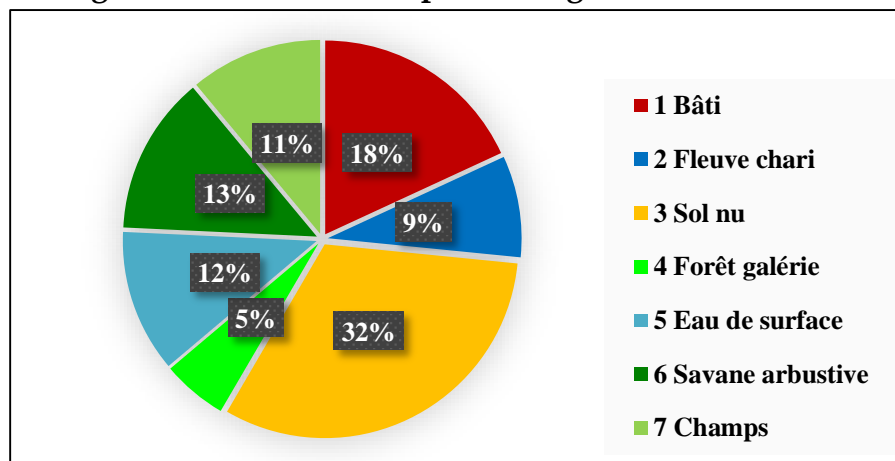
le fleuve a consommé les infrastructures et les terres (Planche photographique 12 et 13).

Carte 4 : Utilisation des sols 2023



Source : Base de données SOGEFI Tchad Réalisation : Aboubakar, parfait 2024

Figure 12 : Diagramme circulaire des pourcentages d'utilisation des sols en 2023



Source : Landsat 07

Les résultats de cette étude délimitent une crise socio-écologique grave et interconnectée dans la commune du 1er arrondissement de N'Djaména. L'érosion des berges du fleuve Chari n'est pas seulement un processus géomorphologique, mais un moteur principal de l'effondrement des infrastructures, des difficultés économiques, de la dislocation communautaire et de la dégradation environnementale. L'analyse diachronique visualise l'ampleur de la perte de terres et la pression croissante de l'urbanisation. Ces résultats soulignent l'urgence d'une approche intégrée et

multisectorielle de la gestion des berges, qui aborde à la fois les facteurs physiques de l'érosion et ses profondes conséquences humaines et environnementales pour favoriser la résilience et assurer l'avenir durable de cette communauté vulnérable.

Planche photographique 12 : Comparatives du recul des berges du premier arrondissement sur une période de 15 ans de (2007 et 2023)



Source : Google Earth pro

Planche photographique 13 : Recul de la ligne des berges dans le premier arrondissement quartier Milezie de 2007-2023



Source : Google Earth pro

2.4 Analyse de la vulnérabilité des populations et des stratégies de gestion de l'érosion des berges du fleuve Chari dans le 1er arrondissement de N'Djaména de 1993 à 2023

La dernière partie des résultats évalue la vulnérabilité des populations confrontées à l'érosion des berges et les politiques de gestion de cette érosion dans le 1er arrondissement de N'Djaména de 1993 à 2023. Cette analyse examine également les stratégies existantes mises en œuvre par les autorités étatiques et les communautés locales pour atténuer l'érosion, en mettant en lumière leurs forces et leurs limites. Ces résultats offrent un diagnostic complet des vulnérabilités socio-économiques et environnementales des communautés riveraines, en soulignant l'interaction des facteurs spatiaux, économiques et structurels qui exacerbent leur exposition aux risques d'érosion.

2.4.1 Analyse de la vulnérabilité des populations à l'érosion des berges dans le 1er arrondissement

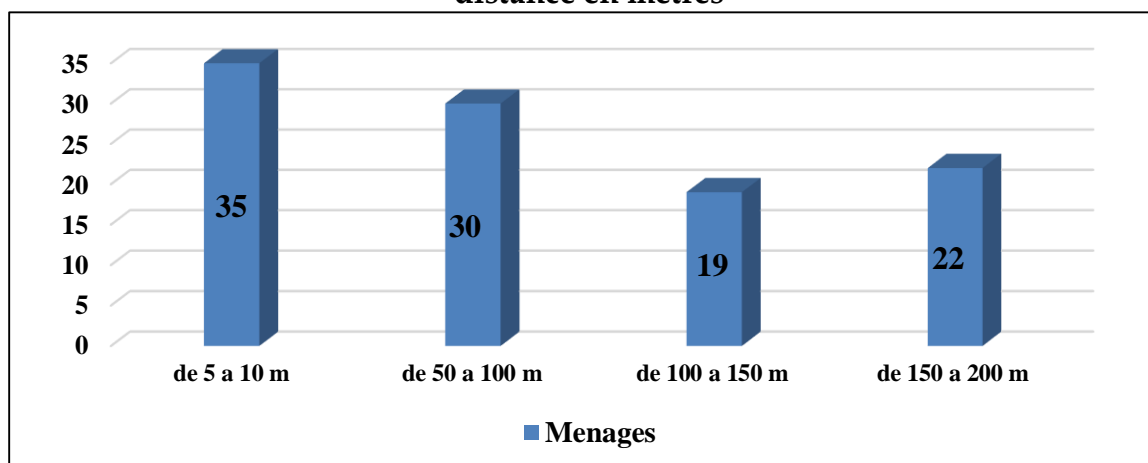
La vulnérabilité des populations du 1er arrondissement de N'Djaména à l'érosion des berges est déterminé par plusieurs facteurs interconnectés, principalement la proximité dangereuse des structures résidentielles au fleuve Chari. Les données de terrain indiquent que certains ménages sont situés à seulement 1,5 mètre de la berge, en violation directe de la législation tchadienne de 1967, qui impose une zone tampon de 25 mètres pour protéger contre les risques fluviaux (Loi n° 67-23, 1967). Cette disposition spatiale, documentée par des enquêtes menées en 2024, révèle que 35 ménages se trouvent à 5-10 mètres du fleuve, tandis que 30, 19 et 22 ménages sont situés respectivement à 50-100 mètres, 100-150 mètres et 150-200 mètres (Photo 5) et Figure 14).

Photo 5 : Proximité des ménages au fleuve Chari dans le 1er arrondissement par distance en mètres



Source : Aboubakar, 2024

Figure 14 : Proximité des ménages au fleuve Chari dans le 1er arrondissement par distance en mètres



Source : Aboubakar, 2024

Cette proximité accroît considérablement l'exposition aux risques induits par l'érosion, comme en témoignent les documents photographiques montrant des maisons précairement perchées près des berges en collapse (**Photo 6**).

Photo 6 : Ménages riverains du Chari : maisons en briques à 1,5 mètre de la berge.

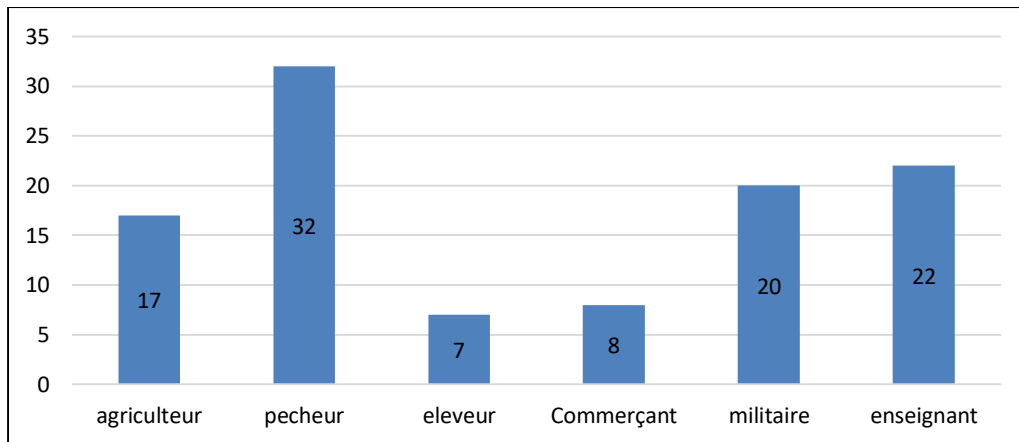


Source : Aboubakar, 2024.

L'occupation non réglementée des berges, combinée à des voies d'accès étroites (1,5-2 mètres de large) dans des quartiers comme Karkandjéri, complique davantage l'évacuation lors d'événements d'inondation, exacerbant la susceptibilité de la communauté aux catastrophes naturelles. Les schémas d'installation anarchiques, souvent dans des zones exclues de la planification urbaine, reflètent une défaillance systémique dans l'application des réglementations d'utilisation des sols, amplifiant les risques auxquels sont confrontés les résidents. La précarité économique et l'utilisation de matériaux de construction de qualité inférieure aggravent encore la vulnérabilité des communautés riveraines. La majorité des ménages dépendent d'activités informelles à faible revenu, telles que l'agriculture de subsistance, la pêche et le petit

commerce, ce qui limite leur capacité financière à investir dans des infrastructures résilientes ou à se relocaliser dans des zones plus sûres (Figure 15).

Figure 15 : Répartition des ménages selon leurs occupations dans le 1er arrondissement



Source : Aboubakar, 2024

Cette contrainte économique est particulièrement évidente dans l'utilisation répandue de briques de terre fabriquées à partir d'argile et de paille, qui offrent une résistance minimale aux forces hydrauliques et aux inondations. La **photo 7** illustre la fragilité de ces structures, certaines maisons s'étant déjà effondrées en raison des processus érosifs.

Photo 7 : Maisons en briques de terre vulnérables à l'érosion



Source : Aboubakar, 2024

La combinaison de limitations économiques et de matériaux de construction inadéquats crée un cycle de vulnérabilité, où les résidents sont incapables d'atténuer les impacts de l'érosion ou de se remettre des pertes, renforçant ainsi leur marginalisation socio-économique.

2.4.2 Politiques et stratégies de gestion de l'érosion des berges dans le 1er arrondissement

Les efforts pour lutter contre l'érosion des berges dans le 1er arrondissement impliquent une combinaison d'interventions menées par l'État, des contributions d'organisations non gouvernementales (ONG) et des initiatives communautaires, bien que leur efficacité reste limitée par des contraintes de ressources et des défis d'implémentation. Le ministère de l'Environnement a mis en œuvre des mesures rudimentaires, telles que l'installation de sacs remplis de sable sur une étendue de 500 mètres derrière le laboratoire de Farcha, d'une hauteur de 5,8 mètres, partiellement recouverts de béton (Photo 8).

Photo 8 : Mesures de contrôle de l'érosion par le ministère de l'Environnement



Source : Aboubakar, 2024

Cependant, les résidents rapportent que ces efforts sont insuffisants et isolés, sans actions de suivi globales. Le ministère de l'Urbanisme et de l'Aménagement du Territoire a tenté de réguler la construction par l'application de la zone tampon de 25 mètres imposée par la loi de 1967, mais le non-respect généralisé persiste en raison de mécanismes de surveillance et d'application inadéquats. Les autorités locales, y compris la mairie centrale de N'Djaména et la mairie du 1er arrondissement, ont reconnu l'ampleur du défi de l'érosion mais citent des ressources limitées comme un obstacle à une action efficace. La dépendance de la mairie centrale envers les initiatives futures dans le cadre de l'Agenda 21 local met en évidence un manque d'interventions immédiates et tangibles, tandis que la mairie locale fournit un soutien minimal, comme la fourniture de sacs de sable aux résidents touchés, ce qui s'avère inadéquat face à l'ampleur de la crise d'érosion. Les initiatives communautaires démontrent une ingéniosité significative mais sont contraintes par leur nature rudimentaire et leur durabilité limitée. Les résidents ont utilisé des matériaux disponibles localement, tels que des pneus usagés, des déchets solides et des briques cuites, pour stabiliser les berges. Par exemple, des pneus sont stratégiquement placés le long du bord du fleuve

pour ralentir le recul des berges, une méthode qui, bien qu'innovante, n'offre qu'une protection temporaire (Photo 9).

Photo 9 : Utilisation de pneus usagés pour lutter contre l'érosion des berges



Source : Aboubakar, 2024

De même, des déchets solides y compris des bouteilles en plastique, sont entassés le long des berges pour renforcer la stabilité du sol, reflétant l'ingéniosité de la communauté à utiliser les matériaux disponibles (Photo 10).

Photo 10 : Utilisation de déchets solides pour la stabilisation des berges



Source : Aboubakar, 2024

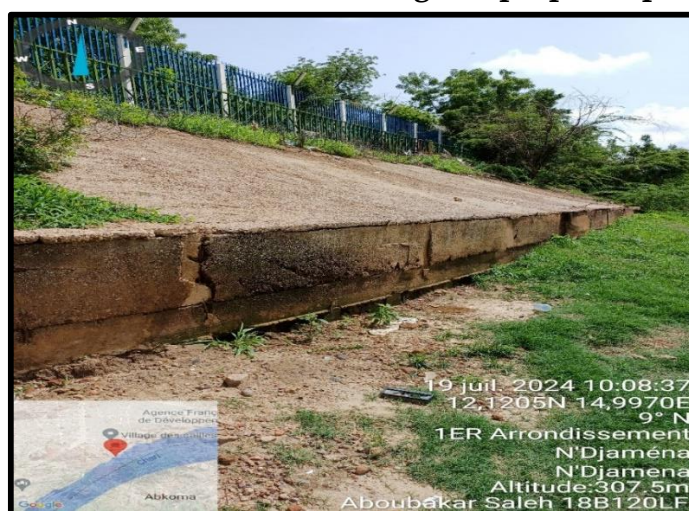
Des efforts plus robustes incluent l'utilisation de briques cuites et de béton pour renforcer les fondations des maisons et les berges, certains résidents investissant dans des structures en béton coûteuses pour protéger leurs propriétés (Photo 11 et 12).

Photo 11 : Technique des briques cuites pour la stabilisation des berges



Source : Aboubakar, 2024

Photo 12 : Renforcement en béton d'une berge de propriété privée sur 30 mètres



Source : Aboubakar, 2024

Ces solutions communautaires, bien que louables, manquent de l'échelle et de la sophistication technique nécessaires pour répondre à la menace pervasive de l'érosion, soulignant le besoin de soutien et d'expertise externes.

2.4.3 Recommandations pour améliorer les mesures de lutte contre l'érosion des berges

Pour renforcer la résilience contre l'érosion des berges, une stratégie intégrant réglementations, interventions techniques et autonomisation communautaire est cruciale. La Loi n° 014/PR/98 (1998) impose une zone tampon de 25 mètres pour interdire les constructions à risque, avec des programmes de relocalisation. Le reboisement avec des espèces comme les saules stabilise les berges et restaure l'équilibre écologique (Mamun et al., 2022, p.2348). La formation communautaire sur l'agriculture de conservation et la gestion intégrée de l'eau réduit le ruissellement et l'érosion. La collaboration avec des ONG comme AFP, GIZ et APSE soutient des solutions comme les gabions et pieux en bois. Cette approche synergique combine politiques publiques, participation communautaire et ingénierie innovante pour protéger le 1er arrondissement.

3. Discussion

L'étude de l'érosion des berges du fleuve Chari dans le 1er arrondissement de N'Djaména (1993-2023) révèle une interaction complexe entre facteurs naturels et anthropogéniques, entraînant des impacts socio-économiques et environnementaux significatifs. Les processus naturels, comme l'enfouissement et l'action hydraulique des vagues, s'alignent sur Leblois et *al.* (2022, pp. 105). Kertemar et *al.*, (2014, pp. 75) soulignent aussi l'érosion induite par les vagues, un phénomène aggravé ici par des vitesses de vent maximales de 19 km/h. Les fluctuations saisonnières du débit (8 m³/s à 4 850 m³/s) intensifient l'érosion. Les caractéristiques topographiques, comme les pentes douces (290-305 m) et les sols sableux à faible cohésion (Batti, 2005, p. 55), amplifient ces processus. Cette étude quantifie un recul de 36,77 mètres des berges dans le quartier Milezie sur 15 ans, fournissant une preuve géospatiale précise. Les activités anthropogéniques aggravent considérablement l'érosion. L'extraction intensive de sable, identifiée par 49,06 % des résidents comme un moteur principal, perturbe la dynamique des sédiments, en écho aux conclusions de Paccaud (2014, p. 641). L'analyse granulométrique, révélant une forte teneur en sable (68 % au site 4), souligne la vulnérabilité des sols, en accord avec Macary et Berville (2003, p.28). Les conséquences socio-économiques incluent l'effondrement d'infrastructures comme l'avenue Ahmat Acyl, soutenant les observations de Briaud et *al.*, (2019). La perte de 745,36 hectares de terres agricoles depuis 2001 et une baisse de 35 % des rendements de pêche reflètent les conclusions de Renaud et Dubois (2021, p. e243). Cette recherche intègre une cartographie diachronique, révélant une perte de 80 % de la couverture forestière riveraine. La vulnérabilité des populations est accentuée par la proximité du fleuve (certaines maisons à 1,5 mètre), violant la réglementation tchadienne de 1967 imposant une zone tampon de 25 mètres, et par une précarité économique limitant l'adaptation. Les stratégies de résilience communautaires, comme l'utilisation de pneus, manquent de durabilité, contrastant avec des interventions plus robustes comme les gabions (Mamun et *al.*, 2022, p.2348). Les efforts étatiques, comme les sacs de sable, sont insuffisants, soulignant la nécessité d'approches intégrées. Le cadre socio-écologique complet de cette étude et ses recommandations concrètes la distinguent des travaux antérieurs, offrant un modèle pour une gestion durable des berges.

Conclusion

Cette étude a examiné les caractéristiques (physiques, économiques, sociales et environnementales) et les dynamiques de l'érosion des berges du fleuve Chari dans le 1er arrondissement de N'Djaména de 1993 à 2023, dans le but d'élucider les facteurs, les processus, les impacts et les vulnérabilités à l'origine de ce phénomène tout en proposant des stratégies concrètes pour renforcer la résilience. En intégrant une analyse géomorphologique, des observations de terrain et les perspectives communautaires, la recherche a révélé le rôle crucial des processus naturels tels que

l'affouillement et l'action des vagues, exacerbés par des activités anthropogéniques comme l'extraction de sable, en accord avec les recherches précédentes sur la perturbation des sédiments. La contribution unique de cette étude réside dans la quantification précise d'un recul des berges de 36,77 mètres dans le quartier Milezie et d'une perte de 80 % de la couverture forestière riveraine, offrant une compréhension fine des dynamiques de l'érosion dans une interface urbano-rurale. Ces résultats soulignent l'interaction entre la variabilité hydrologique et les pressions humaines, proposant un cadre robuste pour analyser les impacts multidimensionnels de l'érosion. Le coût socio-économique et environnemental de l'érosion, incluant l'effondrement des infrastructures, une perte de 745,36 hectares de terres agricoles et une baisse de 35 % des rendements de pêche, reflète les schémas mondiaux de dégradation des berges. La vulnérabilité des résidents, exacerbée par la proximité du fleuve et l'utilisation de constructions fragiles en briques de terre, met en lumière les défis systémiques liés à l'application des réglementations, comme en témoigne la violation de la loi tchadienne de 1967 sur la zone tampon de 25 mètres. Les adaptations communautaires, telles que l'utilisation de pneus et de déchets solides, témoignent d'une résilience mais manquent de durabilité, nécessitant des approches intégrées. Les recommandations de cette étude, incluant le reboisement et la collaboration avec les ONG, s'appuient sur des récits existants prônant des interventions durables. En comblant ces lacunes, cette recherche propose un modèle pour des stratégies interdisciplinaires et participatives, garantissant la sécurité à long terme et l'intégrité écologique des communautés riveraines de N'Djaména.

Références bibliographiques

BATTI Ahmed, 2005, *Spatialisation des pluies extrêmes et cartographie de l'aléa érosion des sols dans les bassins en amont du lagon St-Gilles*. Stage de master, Institut de recherche et développement, Nouméa, 55 p.

BORRELLI Pasquale, DAVID Robinson, LARISSA Fleischer, EMANUELE Lugato, CRISTIANO Ballabio, CHRISTINE Alewell and KATRIN Meusburger, 2017. « An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion ». In : *Nature communications* 8, no. 1 : p.2013.

BRIAUD, Jean-Louis, 2019, *The pressuremeter*. Routledge.

DOUDJE, Kertemar., 2008, *Étude morphodynamique des berges du fleuve Chari à N'Djaména*. Mémoire de maîtrise, Université de Yaoundé I, 108p.

FAO, 2019, *Global Symposium on soil erosion, 15–17 May 2019*, FAO, Rome. Outcome Document. Available online : <http://www.fao.org/3/ca5697en/ca5697en.pdf>

FEBO, Mounsi, 2024, « Landscape, "inhabitant" practices and development of city-river interfaces in N'Djaména (Chad). Actions and reactions to the exceptional flooding of

the Chari River in October 2022 ». *Landscape projects*. Scientific Review on Space Design and Development

FELTEN, Renaud, MAXIME Dubois, MANUEL Ugarte-Gil, AURORE Chaudier, LOU Kawka, HUGO Bergier et CHARLOTTE Costecalde, 2021, « Vaccination against COVID-19 : expectations and concerns of patients with autoimmune and rheumatic diseases ». *The Lancet Rheumatology* 3, no. 4 : e243-e245.

GURNELL Angela, 1997, « Adjustments in river channel geometry associated with hydraulic discontinuities across the fluvial-tidal transition of a regulated river ». *Earth Surface Processes and Landforms : The Journal of the British Geomorphological Group* 22, no. 10 : 967-985

HAQUE Emdad, et MUHAMMAD Zaman, 1989, « Coping with riverbank erosion hazard and displacement in Bangladesh : Survival strategies and adjustments ». *Disasters* 13, no. 4 : 300-314.

Karsenty, Alain, and Romain Pirard, 2007, « Climate Change : Should 'Avoided Deforestation' Be Rewarded ? ». In : *Natures Sciences Sociétés* 15, no. 4 : 357-369.

KERTEMAR, Doudje, TCHINDJANG Mesmin, and MOUPENG Bedjaoué, 2014, « Evolution of the major bed of the Chari River in N'djamena from the Holocene to the present day ». *Geo-Eco-Trop* 38, no. 1 : 75-84.

LAL Rattan, 2008, «Is and sustainable agriculture. A review ». In : *Agronomy for Sustainable Development* 28, no. 1 : 57-64.

LEBLOIS Solange, ANDRE Evette, DELPHINE Jaymond, GUILLAUME Piton, et ALAIN Recking, 2022, « Processes and causes of failure of plant engineering for the stabilization of river banks : feedback on a large dataset from the GeniVeg database ». *Geomorphology : Relief, Process, Environment* 28, no. 2 : 105-120.

LUVAI Allois, JOHN Obiero, et CHRISTIAN Omuto, 2022, « Soil loss assessment using the revised universal soil loss equation (RUSLE) model ». In : *Applied and Environmental Soil Science* 2022, no. 1 (2022) : 2122554.

MACARY Francis, et DENIS Berville, 2003, « Synthèse Bibliographique : Bilan des Connaissances sur l'érosion et les Phénomènes de Ruissellement » p. 28.

MAMUN, Abdullah Al, ABU Reza Towfiqul Islam, EDRIS Alam, SUBODH Chandra Pal, et MONIRUL Alam, 2022, « Assessing riverbank erosion and livelihood resilience using traditional approaches in northern Bangladesh ». *Sustainability* 14, no. 4 : p.2348.

OLIVRY Jean-Claude, 1986, « Fleuves et rivières du Cameroun ». Paris, Mesres-Orstom, coll. *Monographies Hydrologiques* n° 9, 734 p.

PACCAUD, Françoise, 2014, « The United Nations General Assembly for the Environment : A First Unprocessed Attempt at UNEP ». *Environmental Legal Review* 39, no. 4 : 641-650.

PARKER, Chris, ANDREW Simon, et COLIN Thorne, 2008, « The effects of variability in bank material properties on riverbank stability : Goodwin Creek, Mississippi ». *Geomorphology* 101, no. 4 : 533-543.

RGPH2, 2009, *Deuxième Recensement Général de la Population et de l'Habitat*. INSEED Tchad.