

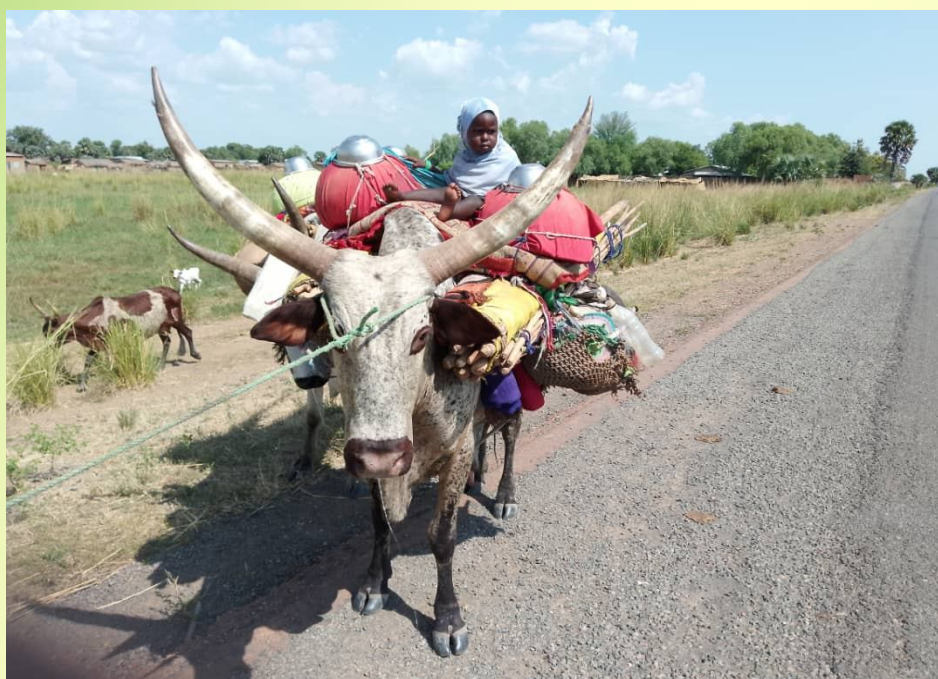
N°35 – 19^e année

Décembre 2025

ISSN-P : 1993-3134

ISSN-L : 3007-4185

À H Ñ H Ñ



REVUE DE GEOGRAPHIE DU LARDYMES

**Laboratoire de Recherche sur la Dynamique
des Milieux et des Sociétés**

Faculté des Sciences de l'Homme et de la Société

UNIVERSITE DE LOME – TOGO

<https://ahoho.net/>

<https://www.sjifactor.com/passport.php?id=23818>

À H Ñ H Ñ

REVUE DE GEOGRAPHIE DU LARDYMES

BASE D'INDEXATION



TOGETHER WE REACH THE GOAL

SJIF Impact Factor

SJIF 2025 : 5.123

<https://www.sjifactor.com/passport.php?id=23818>

ISSN-P : 1993-3134

ISSN-L : 3007-4185

URL : <https://ahoho.net/>

Country : 🇲🇱 Togo

BASES DE RÉFÉRENCEMENT



Àḥḥḥ

Àḥḥḥ : que signifie ce vocable et pourquoi l'avoir choisi pour désigner une revue scientifique ?

Le mot aḥḥḥ prononcé àḥḥḥ, à ne pas confondre avec aḥhḷ, désigne en éwé le cerveau, au propre et au figuré, et aussi la cervelle. Il appartient au champ analogique de súśú "pensée", "idée" ; anyásā "intelligence" "connaissance". Anyásā désigne également la bronche du poisson.

Dans les textes bibliques, anyásā est mis en rapport synonymique avec núnya "savoir".

Mais pour exprimer le savoir scientifique, et la pensée profonde profane, on utiliserait Àḥḥḥ. Voilà pourquoi le vocable a été retenu pour nommer cette Revue de Géographie que le *Laboratoire de Recherche sur la Dynamique des Milieux et des Sociétés (LARDYMES)* du Département de Géographie se propose de faire paraître annuellement.

La naissance de cette revue scientifique s'explique par le besoin pressant de pallier le déficit d'organes de publication spécialisés en géographie dans les universités francophones de l'Afrique subsaharienne.

Aujourd'hui, nous vivons dans un monde de concurrence et d'évaluation et le milieu de la recherche scientifique n'est pas épargné par ce phénomène : certains pays africains à l'instar des pays développés, évaluent la qualité de leurs universités et organismes de recherche, ainsi que leurs chercheurs et enseignants universitaires sur la base de résultats mesurables et prennent des décisions budgétaires en conséquence. Les publications scientifiques sont l'un de ces résultats mesurables.

La publication des résultats de la recherche (ou la transmission de l'information ou du savoir est la pierre angulaire du développement de la culture technologique de l'humanité depuis des millénaires : depuis les peintures rupestres d'animaux (destinées peut-être à la formation des futurs chasseurs ou à honorer un projet de chasse) en passant par les hiéroglyphes des Egyptiens jusqu'aux dessins et écrits de Léonard de Vinci (les premiers rapports techniques). L'apparition de techniques d'impression bon marché a induit une croissance explosive des publications, et une certaine évaluation de la qualité était devenue nécessaire. Les sociétés savantes ont commencé à critiquer les publications, qui étaient souvent sous forme manuscrite et lues en public ; ce procédé est la version ancestrale de l'évaluation que nous pratiquons de nos jours. Aujourd'hui, une publication électronique multimédia accessible par un hyperlien, comportant un code exécutable et des données associées, peut être évaluée par toute personne au moyen d'un commentaire en ligne.

Le fait d'extérioriser les concepts de l'esprit des chercheurs et enseignants universitaires, de les consigner par écrit (avec les résultats et observations qui y sont associés), permet une conservation posthume des travaux de ceux-ci et rend leurs résultats reproductibles et diffusables. Certains estiment que cette « conservation externe de la mémoire » est le signe distinctif de l'humanité.

C'est précisément pour parvenir à cette vision holistique de la recherche (et non seulement de ses résultats, dont les plus évidents sont les publications, mais aussi de son contexte), que nous éditons depuis 2007 la revue Aḥḥḥ afin que chaque géographe trouve désormais un espace pour diffuser les résultats de ses travaux de recherche et puisse se faire évaluer pour son inscription sur les différentes listes d'aptitudes des grades académiques de son université.

Puisse sa parution être transmise au sein des enseignants et chercheurs du LARDYMES de génération en génération.

Professeur Koffi A. AKIBODE

À H Ñ H Ñ

Revue de Géographie du LARDYMES

publiée par le *Laboratoire de Recherche sur la Dynamique des Milieux et des Sociétés (LARDYMES)* du Département de Géographie, Faculté des Sciences de l'Homme et de la Société, Université de Lomé.

Directeur :

Tchégnon ABOTCHI, Professeur Titulaire, Université de Lomé

Secrétariat de rédaction :

- **Koudzo SOKEMAWU**, Professeur Titulaire, Université de Lomé
- **Martin Dossou GBENOUGA**, Professeur Titulaire, Université de Lomé
- **Délali Komivi AVEGNON**, Professeur Titulaire, Ecole Normale Supérieure d'Atakpamé, Togo

Secrétariat administratif :

- **Koudzo SOKEMAWU**, Professeur Titulaire, Université de Lomé
- **Koku-Azonko FIAGAN**, Maître de Conférences, Université de Lomé

Comité scientifique :

- **Jérôme ALOKO-N'GUESSAN**, Directeur de Recherche, Institut de Géographie Tropicale, Université de Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire
- **Maurice Bonaventure MENGHO**, Professeur Titulaire, Université Marien Ngouabi, Brazzaville, Congo
- **Oumar DIOP**, Professeur Titulaire, Université Gaston Berger, Saint-Louis, Sénégal
- **Odile Viliho DOSSOU GUEDEGBE**, Professeure Titulaire, Université d'Abomey-Calavi, Bénin
- **Jean Bernard MOMBO**, Professeur Titulaire, Université Omar Bongo, Gabon
- **Henri MONTCHO**, Professeur Titulaire, Université Zinder, Niger
- **Nébié OUSMANE**, Professeur Titulaire, Université à l'Université Ouaga I Pr Joseph Ki Zerbo, Ouagadougou, Burkina Faso
- **Céline Yolande KOFFIE-BIKPO**, Professeure Titulaire, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire
- **Paul Kouassi ANOH**, Professeur Titulaire, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire
- **Arsène DJAKO**, Professeur Titulaire, Université Alassane Ouattara, Bouaké, Côte d'Ivoire
- **Tchégnon ABOTCHI**, Professeur Titulaire, Université de Lomé, Togo
- **Joseph Pierre ASSI-KAUDJHIS**, Professeur Titulaire, Université Alassane Ouattara, Bouaké, Côte d'Ivoire
- **Placide F. G. A. CLEDJO**, Professeur Titulaire, Université d'Abomey-Calavi, Bénin
- **Koudzo SOKEMAWU**, Professeur Titulaire, Université de Lomé, Togo
- **Follygan HETCHELI**, Professeur Titulaire, Université de Lomé, Togo
- **Kossiwa ZINSOU-KLASSOU**, Professeure Titulaire, Université de Lomé, Togo

- **Padabô KADOUZA**, Professeur Titulaire, Université de Kara, Togo
- **Moussa GIBIGAYE**, Professeur Titulaire, Université d'Abomey-Calavi, Bénin
- **Toussaint VIGNINOU**, Professeur Titulaire, Université d'Abomey-Calavi, Bénin
- **Selom Komi KLASSOU**, Professeur Titulaire, Université de Lomé, Togo
- **Bernard FANGNON**, Professeur Titulaire, Université d'Abomey-Calavi, Bénin
- **Tchaa BOUKPESSI**, Professeur Titulaire, Université de Lomé, Togo
- **Adrien DOSSOU-YOVO**, Professeur Titulaire, Université d'Abomey-Calavi, Bénin
- **Pessièzoum ADJOUSI**, Professeur Titulaire, Université de Lomé, Togo
- **Narcisse ASSI-KAUDJHIS**, Université Alassane Ouattara, Bouaké, Côte d'Ivoire
- **Fidèle Marcellin ALLOGHO-NKOGHE**, Professeur Titulaire, Université Omar Bongo de Libreville, Gabon
- **Médard NDOUTORLENGAR**, Professeur Titulaire, Université de N'Djaména, Tchad
- **Konan KOUASSI**, Professeur Titulaire, Université Alassane Ouattara, Bouaké, Côte d'Ivoire
- **Délali Komivi AVEGNON**, Professeur Titulaire, Ecole Normale Supérieure d'Atakpamé, Togo

Comité de lecture

- **Koudzo SOKEMAWU**, Professeur Titulaire, Université de Lomé, Togo
- **Follygan HETCHELI**, Professeur Titulaire, Université de Lomé, Togo
- **Padabô KADOUZA**, Professeur Titulaire, Université de Kara, Togo
- **Moussa GIBIGAYE**, Professeur Titulaire, Université d'Abomey-Calavi, Bénin
- **Selom Komi KLASSOU**, Professeur Titulaire, Université de Lomé, Togo
- **Tchaa BOUKPESSI**, Professeur Titulaire, Université de Lomé, Togo
- **Pessièzoum ADJOUSI**, Professeur Titulaire, Université de Lomé, Togo
- **Konan KOUASSI**, Professeur Titulaire, Université Alassane Ouattara, Bouaké, Côte d'Ivoire
- **Délali Komivi AVEGNON**, Professeur Titulaire, Ecole Normale Supérieure d'Atakpamé, Togo
- **Médard NDOUTORLENGAR**, Professeur Titulaire, Université de N'Djaména, Tchad
- **Ludovic Baïsserné PALOU**, Maître de Conférences, Ecole Normale Supérieure de N'Djaména, Tchad
- **Vincent MOUTEDE-MADJI**, Maître de Conférences, Université d'ATI, Tchad
- **Dangnisso BAWA**, Maître de Conférences, Université de Lomé, Togo

A ces membres du comité scientifique et de lecture, s'ajoutent d'autres personnes ressources consultées occasionnellement en fonction des articles à évaluer

Photo couverture _ *Ah̃h̃* _ Décembre 2024 : Exode de pasteurs nomades à Han Bonbhor au Tchad
(Crédit : Ludovic Baiserne PALOU)

Copyright © reserved « Revue *À H̃ H̃* »

Site Internet de la revue *Ah̃h̃* : <https://ahoho.net/>

The journal is indexed in : SJIFactor.com, <https://www.sjifactor.com/passport.php?id=23818>

AVIS AUX AUTEURS

La *Revue Ah5h5*, Revue de Géographie du LARDYMES (Laboratoire de Recherche sur la Dynamique des Milieux et des Sociétés) 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 38^e session des consultations des CCI, tenue à Bamako du 11 au 20 juillet 2016).

1. Les manuscrits

Un projet de texte soumis à évaluation, doit comporter un titre (Times New Romans, taille 12, Lettres capitales, Gras), la signature (Prénom(s) et NOM (s)) de l'auteur ou des auteurs, l'institution d'attache, l'adresse électronique de (des) auteur(s), le résumé en français (300 mots au plus), les mots-clés (cinq), le résumé en anglais (du même volume), les keywords (même nombre que les mots-clés). Le résumé doit synthétiser la problématique, la méthodologie et les principaux résultats.

Le manuscrit doit respecter la structuration habituelle du texte scientifique : Introduction (problématique, objectifs, hypothèses compris), Approche méthodologique, Résultats et analyse des résultats, Discussion, Conclusion et Références bibliographiques. Les notes infrapaginales, numérotées en chiffres arabes, sont 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 (*Adansonia digitata*). Le volume du projet d'article (texte à rédiger dans le logiciel word, Times New Romans, taille 12, interligne 1,5) doit être de 30 000 à 40 000 caractères (espaces compris). 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)**
- **1.1.1. Troisième niveau (Times 11 gras italique)**
- **1.1.1.1. Quatrième niveau (Times, 10 gras italique)**

2. 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 8 gras italique). Ces éléments d'illustration doivent être annoncés, insérés puis 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).

3. Notes et références

- 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.
- 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 (K. Sokémawu, 2012, p. 251) ;
 - Initiale (s) du Prénom ou des Prénoms et Nom de l'Auteur (année de publication, pages citées).

Exemples :

En effet, le but poursuivi par M. Ascher (1998, p. 223), est « d'élargir l'histoire des mathématiques de telle sorte qu'elle acquière une perspective multiculturelle et globale (...) »

Pour dire plus amplement ce qu'est cette capacité de la société civile, qui dans son déploiement effectif, atteste qu'elle peut porter le développement et l'histoire, S. B. Diagne (1991, p. 2) écrit :

Qu'on ne s'y trompe pas : de toute manière, les populations ont toujours su opposer à la philosophie de l'encadrement et à son volontarisme leurs propres stratégies de contournements. Celles-là, par exemple, sont lisibles dans le dynamisme, ou à tout le moins, dans la créativité dont sait preuve ce que l'on désigne sous le nom de secteur informel et à qui il faudra donner l'appellation positive d'économie populaire.

Le philosophe ivoirien a raison, dans une certaine mesure, de lire, dans ce choc déstabilisateur, le processus du sous-développement. Ainsi qu'il le dit :

Le processus du sous-développement résultant de ce choc est vécu concrètement par les populations concernées comme une crise globale : crise socio-économique (exploitation brutale, chômage permanent, exode accéléré et douloureux), mais aussi crise socioculturelle et de civilisation traduisant une impréparation socio-historique et une inadaptation des cultures et des comportements humains aux formes de vie imposées par les technologies étrangères. (S. Diakité, 1985, p. 105).

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

Les divers éléments d'une référence bibliographique sont présentés comme suit : Nom et Prénom (s) de l'auteur, Année de publication, Titre, Editions, Lieu d'éditions, 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 de l'édition (ex : 2^{de} éd.).

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

Références bibliographiques

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

BAKO-ARIFARI Nassirou, 1989, *La question du peuplement Dendi dans la partie septentrionale de la République Populaire du Bénin : Le cas du Borgou*, Mémoire de Maîtrise de Sociologie, FLASH, UNB, Cotonou, Bénin, 73 p.

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

BOUQUET Christian et KASSI-DJODJO Irène, 2014, « Déguerpir » pour reconquérir l'espace public à Abidjan. In : *L'Espace Politique*, mis en ligne 17 mars 2014, consultée le 04 août 2017. URL : <http://espacepolitique.revues.org/2963>

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, France, 153 p.

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, France, 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, France, 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, Togo, p. 11-25.

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

NOTA BENE

- ✚ Le non-respect des normes éditoriales entraîne le rejet d'un projet d'article
- ✚ Tous les prénoms des auteurs doivent être entièrement écrits dans la bibliographie.
- ✚ Pagination des articles et chapitres d'ouvrage, écrire p. 2-45, par exemple et non pp. 2 45.
- ✚ En cas de co-publication, citer tous les co-auteurs.
- ✚ Eviter de faire des retraits au moment de débiter les paragraphes, observer plutôt un espace entre les paragraphes.

4. Structuration de l'article

Introduction, Méthodologie (Approche), Résultats et analyses, Discussion, Conclusion et Références bibliographiques.

Résumé

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

Introduction (A ne pas numéroté)

Elle doit comporter la problématique de l'étude (constat, problème, questions), les objectifs et si possible les hypothèses.

1. Outils et méthodes (Méthodologie/Approche méthodologique)

L'auteur expose uniquement ce qui est outils et méthodes.

2. Résultats et analyses

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.

3. Discussion

La discussion est placée avant la conclusion. 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.

Conclusion (A ne pas numéroté)

Le texte devra être saisi en Word et enregistré sous version 97/2003 puis envoyé par courriel à : revueahoho@yahoo.fr et yves.soke@yahoo.fr. La Revue *Àh̃h̃* reçoit les articles des contributions du 1^{er} février au 15 mai pour le numéro de juin et du 1^{er} juin au 15 septembre pour le numéro de décembre. Un article accepté pour publication dans la Revue *Àh̃h̃* exige de ses auteurs, une contribution financière de 50 000 F CFA, représentant les frais d'instruction et de publication.

NB : Les auteurs sont entièrement responsables du contenu de leurs contributions.

N. D. L. R.

Sommaire

Meglo Alexandre ZO, Mathieu Jonasse AFFRO, Nambegué SORO

Évaluation des stratégies d'adaptation à la situation du climat et perspectives agroclimatique dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire p. 1-14

Bi Sehi Antoine TAPE

Accès aux médicaments en milieu urbain africain : le cas de la ville de Korhogo (Côte d'Ivoire)..... p. 15-23

Lamine Ousmane CASSÉ, Babacar DIOUF, Awa FALL

Vulnérabilité territoriale versus résilience sociale à l'épreuve des inondations dans les parcelles assainies de Keur Massar à Dakar (Sénégal) p. 24-40

Abdou BALLO, Charles SAMAKE, Bréhima DIARRA

Dispositifs de gestion des conflits entre agriculteurs et éleveurs dans la commune rurale de Sio, région de Mopti (Mali) p. 41-50

Glenn-Freddy MIHINDOU MIHINDOU, Dieu-Donné MOUKETOU-TARAZEWICZ

Cartographie des changements d'occupation du sol dans la commune de Mouila au Gabon entre 2003 et 2023..... p. 51-67

Eveline MAHOUNGOU, Hilarion Bagel MIZHAIRE, Francelet Gildas KIMBATSA, Koudzo SOKEMAWU

Commerce des produits horticoles et gestion des invendus au marché Total de Brazzaville en République du Congo..... p. 68-82

Chilé Nadège YAPO épse Kouakou, Koffi Mouroufié KOUMAN, Céline Yolande KOFFIÉ-BIKPO

Influence des végétaux aquatiques envahissants sur la pêche dans le lac du barrage hydroélectrique de Soubré en Côte d'Ivoire p. 83-93

Mouhamadou Lamine DIALLO, El Hadji Serigne TOP

Ruée des mineurs d'origine chinoise vers l'or dans les frontières du Sénégal et du Mali, instabilité politique et gouvernance du secteur extractif p. 94-102

Model DJEMON, Bakhit MAHAMAT AHMAT BAKHIT

L'érosion du bassin versant du Batha (Centre-Est du Tchad) : un pied humain sur l'accélérateur du processus naturel p. 103-115

N'Guessan Arsène KOUADIO, Kouamé Perèze TANOI, Yao Bruno N'GUESSAN

Optimisation de la gestion des déchets ménagers urbains par l'usage des solutions géospatiales à Botro (Centre de la Côte d'Ivoire) p. 116-127

Alfred Bothé Kpadé DOSSA

Analyse contingente de la transition écologique vers les motos électriques à Cotonou au Bénin p. 128-141

Arouna DEMBELE, Issa FOFANA, Samba Mamadou SIDIBE

Impacts des changements climatiques sur la céréaliculture dans l'ex-cercle de Kita au Mali p. 142-154

Moussa SOW, Labaly TOURÉ, Ndeye Marième SAMB

Caractérisation de la variabilité climatique et analyse de ses incidences sur la dynamique spatio-temporelle de la végétation dans le bassin versant du Ferlo sur la période 1981-2021 p. 155-168

Sahada IDRISSA, Abdourazakou ALASSANE, Tatongueba SOUSSOU, Kankpénangue SIKBAGOU, Tchaa BOUKPESSI

Conflits hippopotames amphibies (*Hippopotamus amphibius lennaeus*, 1758) de la mare de Koumbeloti et population riveraine en pays Anoufo au Nord-Togo p. 169-183

Zady Edouard ZOGBO, Kadjo Henri Joël NIAMIEN, N'guessan Olivier KOUADIO, Joseph. P. ASSI-KAUDHJIS

Étude des externalités de la rizipisciculture dans la sous-préfecture de Bédiala (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire) p. 184-198

Yapo Antoine GBOCHO

Crises sociopolitiques et problématique de l'accès au logement dans la ville de Bouaké (Centre de la Côte d'Ivoire) p. 199-211

Babacar NDAO, Cheikh Tidiane WADE, Henri Marcel SECK, Oumar SY

Variabilité climatique et stratégies d'adaptation dans le sud du bassin arachidier : l'expérience des agriculteurs de la commune de Keur Maba Diakou (Kaolack, Sénégal) p. 212-225

Guy Roger Yoboué KOFFI

Résilience féminine dans un contexte de crise cacaoyère dans la sous-préfecture de Mèagui (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire) p. 226-237

Boubacar Amadou DIALLO

Quantification des changements de l'utilisation du sol dans le district de Bamako avec l'imagerie Satellitaire LANDSAT) p. 238-249

Bi Tchan André DOHO

Mécanismes d'intégration des villages périphériques à la ville de Yamoussoukro (Centre de la Côte d'Ivoire) p. 250-261

Adeline Olga BRISSY

Prolifération des points de stagnation des eaux usées et risques environnementaux et sanitaires dans le quartier Dar-Es-Salam de Bouaké (Centre Côte d'Ivoire) p. 262-273

Oumar OUATTARA, Siriki YÉO

Activités minières et riziculture irriguée : dynamique de conflits d'usage des sols autour du barrage hydro-agricole de Kafiné (Centre-Nord de la Côte d'Ivoire) p. 274-284

Mahamadou ABOCAR, Abdoukadi Oumarou TOURÉ, Habiboulaye Daouda MAIGA, Alhassane Moulaye KONTA

Aménagement des lacs interconnectés du système Faguibine dans la région de Tombouctou au Mali : enjeux, défis et perspectives p. 285-296

Ari MAMADOU MOUSTAPHA, Hadiza KIARI FOUGOU

Analyse des modes d'accès aux parcelles des périmètres irrigués d'aménagements hydro-agricoles des rives de la Komadougou Yobé, Niger p. 297-310

Konnegbéne LARE

Capitalisation des pratiques endogènes de gestion des sols et productivité agricole face au changement climatique dans la Région des Savanes au Nord-Togo **p. 311-328**

Diomandé GONDO

Impact environnemental de l'utilisation des pesticides par les agriculteurs à Gouessesso (Ouest de la Côte d'Ivoire) **p. 329-339**

Kapiéfolo Julien KONE, Manse BAMBA, Djibril KONATE

Un système de transport urbain innovant à Korhogo en Côte d'Ivoire : le YANGO) **p. 340-350**

Gaston SAMBA

Application du modèle Probit de Heckman à l'analyse des perceptions empiriques du changement climatique et des stratégies d'adaptation endogènes des agriculteurs du district de Madingou (Congo-Brazzaville) **p. 351-365**

Hassane MAHAMAT HEMCHI

Faya-Largeau entre urbanité saharienne et résilience oasienne **p. 366-375**

Issouf BONSA

Répartition spatiale des lieux de culte protestants dans la ville de Ouagadougou (Burkina Faso) ... **p. 376-383**

Lanzeni YEO

Les contraintes du maraîchage sur le périmètre irrigué de la coopérative YÉBENWOGNON à Kanihoua (Nord de la Côte d'Ivoire) **p. 384-391**

CARACTÉRISATION DE LA VARIABILITÉ CLIMATIQUE ET ANALYSE DE SES INCIDENCES SUR LA DYNAMIQUE SPATIO- TEMPORELLE DE LA VÉGÉTATION DANS LE BASSIN VERSANT DU FERLO SUR LA PÉRIODE 1981-2021

Moussa SOW

*Département Environnement, Biodiversité et
Développement durable
Université du Sine Saloum Elhadj Ibrahima Niass
Kaolack, Sénégal
E-mail : moussa.sow@ussein.edu.sn*

Labaly TOURÉ

*Département Environnement, Biodiversité et
Développement durable, Université du Sine Saloum
Elhadj Ibrahima Niass, Kaolack, Sénégal
E-mail : labaly.toure@ussein.edu.sn*

Ndeye Marième SAMB

*UFR Sciences sociales et environnementales
Département Urbanisme, Architecture et
Aménagement Durable des Territoires
Université Amadou Mahtar Mbow, Dakar, Sénégal
E-mail : ndeymarieme.samb@uam.edu.sn*

Reçu le 30 juillet 2025 ; Révisé le 28 septembre
2025 ; Accepté le 21 octobre 2025

Résumé : Depuis les années 1950, le climat mondial est marqué par une variabilité accrue, se manifestant de manière différenciée selon les régions. Cette étude s'inscrit dans ce contexte et vise à analyser la variabilité climatique dans le Ferlo (Sénégal) ainsi que ses répercussions sur la dynamique du couvert végétal. Pour ce faire, une approche méthodologique croisée a été adoptée combinant des données climatiques issues du projet NASA POWER et des données satellitaires MODIS (produit NDVI MOD13Q1, 2000–2024). L'analyse s'appuie sur cinq stations climatiques réparties dans la zone d'étude, permettant d'évaluer les fluctuations pluviométriques et thermiques à travers les indices SPI et SPEI. L'évapotranspiration potentielle a été estimée via la méthode FAO Penman-Monteith. En parallèle, une analyse temporelle et spatiale de la végétation a été menée à l'aide du test non paramétrique de Mann-Kendall, avec un focus sur la période de croissance (juillet–octobre). Les résultats mettent en évidence une dynamique climatique hétérogène, caractérisée par une tendance à l'assèchement particulièrement prononcée dans les zones nord (Keur Momar Sarr) et sud (Danthialy), malgré une reprise des précipitations dans certaines localités depuis les années 2000. Parallèlement, l'évolution du couvert végétal

révèle une croissance dans certaines zones (nord, centre, est) et une dégradation au sud et au nord-est, soulignant l'influence croisée des facteurs climatiques et anthropiques (pratiques agricoles, pression pastorale, modes de vie). Ces résultats montrent des interactions entre climat et activités humaines appelant à des recherches approfondies sur les mécanismes en jeu dans la dynamique écologique du Ferlo.

Mots-clés : Analyse de tendance, NDVI, MODIS, Variabilité climatique, Ferlo.

CHARACTERIZATION OF CLIMATE VARIABILITY AND ANALYSIS OF ITS IMPACT ON THE SPATIO-TEMPORAL DYNAMICS OF VEGETATION IN THE FERLO RIVER BASIN OVER THE PERIOD 1981-2021

Abstract: Since the 1950s, global climate has been marked by increasing variability, manifesting differently across regions. This study falls within this context and aims to analyze climate variability in the Ferlo region (Senegal) and its impacts on vegetation dynamics. A combined methodological approach was adopted, integrating climatic data from NASA's POWER project with satellite-based vegetation indices from the MODIS sensor (NDVI product MOD13Q1, 2000–2024). The analysis is based on five climate stations distributed across the study area, enabling the assessment of rainfall and temperature fluctuations using the SPI and SPEI indices. Potential evapotranspiration was estimated using the FAO Penman-Monteith method. In parallel, spatial and temporal vegetation trends were assessed using the non-parametric Mann-Kendall test, focusing on the growing season (July–October). Findings reveal a heterogeneous climate dynamic, with a marked drying trend in the northern (Keur Momar Sarr) and southern (Danthialy) zones, despite some rainfall recovery in certain areas since the 2000s. Simultaneously, vegetation cover exhibits contrasting patterns—growth in northern, central, and eastern areas, and degradation in the south and northeast—highlighting the combined influence of climatic and anthropogenic factors such as agricultural practices, grazing pressure, and local livelihoods. These results underline the complex interactions between climate and human activities, calling for further research into the ecological dynamics shaping the Ferlo landscape.

Keywords: Trend analysis, NDVI, MODIS, Climate variability, Ferlo.

Introduction

Depuis le début des années 50, le climat mondial connaît des bouleversements importants se traduisant par la variabilité spatio-temporelle de ses divers indicateurs (GIEC, 2014, p. 3-4). Cette variabilité est perçue dans différentes parties du monde à des rythmes différenciés. Elle agit de manière significative dans plusieurs domaines de la vie comme l'hydraulique, l'économie, la santé et l'environnement (A. Bodian, 2011, p. 11). R. June *et al.*, (2012, p. 114) rappellent que la dynamique climatique engendre des modifications énormes dans la distribution spatio-temporelle des ressources en eau, des systèmes socio-économiques et écologiques, etc. De plus, cette variabilité se manifeste par des températures de plus en plus élevées, un retard du démarrage des pluies, une instabilité et une baisse des précipitations surtout dans le Sahel (N. Christidis, 2005, p. 3-4 ; A. A. Sow, 2007, p. 945-950 ; M. Ly, 2013, p. 19 ; C. Faye, 2013, p. 261). Ainsi, au Sahel qui est une zone qui a connu la sécheresse des années 70, les impacts de la variabilité climatique sont ressentis dans plusieurs domaines de la vie. Beaucoup de travaux dans cette zone ont conclu à une réduction de la longueur des saisons pluvieuses (C. Faye, 2013, p. 92-95). Au regard de ces différents travaux, la manifestation du changement climatique dans le Sahel est aujourd'hui indéniable.

Dès lors, le Ferlo, à l'instar des autres parties du pays, n'est pas épargné des effets du changement climatique. Localisé dans la zone sahélienne, le Ferlo se distingue par l'importance des activités de pastoralisme nomade qui occupe à elle seule plus de 50% du territoire, suivi de l'agriculture vivrière et de la cueillette (M. A. Sarr, 2009, p. 309). Ces activités sont en étroite dépendance des variables climatiques telles que la pluie.

Devant la vulnérabilité des éléments du milieu aux effets du changement climatique, il est

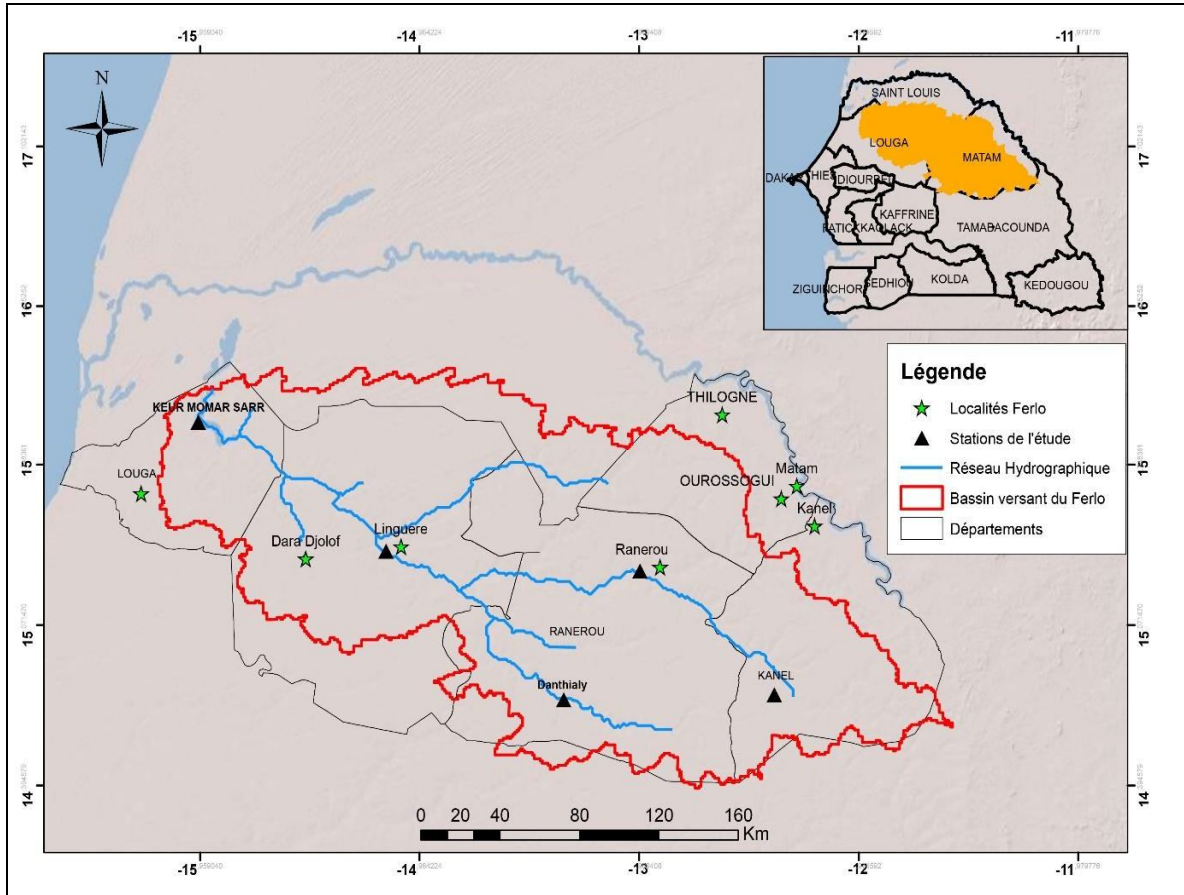
important de procéder régulièrement à un suivi de l'évolution de la variabilité climatique dans le Ferlo mais aussi à ses impacts sur la végétation de cette zone. C'est dans cette logique que s'inscrit ce travail qui cherche à caractériser la variabilité climatique du Ferlo et à montrer ses répercussions sur la végétation. De manière pratique, il s'agit de faire une caractérisation spatio-temporelle avec le SPI), de déterminer les années sèches/humides à l'aide du SPEI et de procéder à la cartographie et à l'analyse diachronique de la végétation.

1. Méthodologie

1.1. Présentation de la zone d'étude

Le Ferlo est situé entre les latitudes 16°15 et 14°30 Nord et les longitudes 12°50 et 16° Ouest (M. A. Sarr, 2009, p. 21) (carte n°1). D'une superficie de 70 000 km², c'est une des six (6) zones éco géographiques du pays. Il occupe 28% du territoire national. Du point de vue climatique, la zone sylvo-pastorale ou Ferlo est au cœur de la zone sahélienne sénégalaise et est marquée par l'alternance de deux saisons : une saison pluviale de 4 mois et une saison sèche de 7 à 8 mois avec des températures moyennes mensuelles variants entre 16,4°C en janvier et 40,6°C en mai (M. A. Sarr, 2009, p. 188). Le Ferlo est partagé entre un climat sahélien-soudanien au Sud et un climat sahélien au Nord (J. B. Ndong, 1996, p. 195). Au niveau de la pluviométrie et progressivement vers le Nord, on remarque une diminution des précipitations avec des moyennes annuelles s'échelonnant à 411 mm à Linguère et 383 mm à Matam (Sylla D., 2019, p. 6676). Sa végétation est marquée par une dualité entre deux types de formation : une végétation de steppe au Nord et une végétation de savane au Sud. En somme, le climat peut être considéré comme le moteur de distribution floristique du Ferlo (M. A. Sarr, 2009, p. 42 ; D. Sylla, 2019, p. 6686).

Carte n°2 : Localisation du bassin versant du Ferlo



Source : CSE, 2020, réactualisée par SOW, 2025.

1.2. Données

1.2.1. Données climatiques

Les contextes économique, social et politique difficiles des pays africains a justifié au début des années 90 l'abandon des systèmes d'observation météorologiques se traduisant par le déclin du réseau de stations d'observations (I. Pocard-Leclercq, 2000, p.1). Cette situation a expliqué l'organisation des services météorologiques nationaux, ce qui se traduit par des coûts élevés d'accès aux données (A. Bodian *et al.*, 2020, p. 4). Devant cette situation, une source de données alternatives est nécessaire. Dans cet article, la source de données est la réanalyse climatique de la NASA Langley Research Center (LaRC)

POWER Project funded through the NASA Earth Science/Applied Science Program (<https://power.larc.nasa.gov>). Cette source offre une meilleure couverture spatio-temporelle de l'espace d'étude (I. Pocard-Leclercq, 2000, p. 2 ; A. C. Ruane *et al.*, 2015, p. 234). Du point de vue opérationnel, les coordonnées des stations ont été utilisées pour extraire les variables climatiques (température et précipitations) à l'échelle mensuelle. La variable évapotranspiration a été calculée à l'aide des données extraites sur la plateforme Nasa power (<https://power.larc.nasa.gov>) selon la méthode de la FAO. Ainsi, cinq (5) stations climatiques (Tableau n°1) sont utilisées pour analyser la variabilité climatique sur la période 1984-2024.

Tableau n°1 : Stations retenues pour l'étude

Nom	Type	Latitude	Longitude
LINGUERE	Station synoptique	15,38	-15,11
RANEROU	Station pluviométrique	15,3	-13,96
KANEL	Station Virtuelle	14,77	-13,35
DANTHIALY	Station Virtuelle	14,75	-14,31
KEUR MOMAR SARR	Station pluviométrique	15,93	-15,96

Source : SIEREM, 2025.

1.1.2.1. Données satellitaires

L'analyse de la tendance de la végétation dans le bassin versant du Ferlo a nécessité l'utilisation des données des indices de végétation de capteur MODIS embarqué dans les satellites Terra. Elles ont été acquises sur la plateforme <https://code.earthengine.google.com/> et correspondent à la version 6.1 de produit MOD13Q1. Ces données issues du radiomètre de très haute résolution de la National Oceanic and Atmospheric Administration-Advanced Very High Resolution Radiometer (NOAA-AVHRR) fournissent généralement deux indices : une bande d'indice de végétation normalisée (NDVI) et une bande d'indice de végétation améliorée (EVI). Dans cette étude, la bande de NDVI a été utilisée en raison des objectifs de ce travail. Ces données sont disponibles depuis Février 2000 avec une résolution temporelle de 16 jours et une résolution spatiale de 250 m. La période de notre d'analyse s'étend de 2000 à 2024 avec un accent qui a été mis sur la période de croissance de la végétation de juillet à octobre.

1.3. Méthodes

La méthodologie adoptée tourne autour de trois axes principaux que sont la caractérisation de la dynamique temporelle des précipitations, la détermination des années sèches/ humides à l'aide du SPI et la cartographie diachronique de la végétation

grâce au test de tendance non paramétrique de Mann-Kendall.

1.3.1. Indice Standardisé de Précipitation (SPI)

L'indice standardisé de précipitation ou Standardized Precipitation Index (SPI) est un indice qui a été conçu par McKee *et al.*, (1993, 1995). C'est un indice à la fois simple d'utilisation et robuste qui ne nécessite qu'un paramètre climatique comme donnée d'entrée : la précipitation (OMM., 2012). Son objectif est de mettre en évidence les séquences humides/ sèches ou même de mesurer le niveau de sécheresse sur une période de 20 ans minimum et à des échelles temporelles différentes. La formulation de cet indice est la suivante :

$$SPI = \frac{Xi - Xm}{SI}$$

Avec :

- SPI = Standardized Precipitation Index ou Indice de précipitation standardisé ;
- Xi = somme des précipitations pour l'année ou le mois *i* ;
- Xm = précipitations moyennes de la période d'étude ;
- SI = écart-type de la séquence étudiée.

Les auteurs ont proposé une classification du SPI pour interpréter les résultats (Tableau n°2). Le signe du SPI (+ ou -) indique une sécheresse ou une humidité par rapport à la période retenue (C. Faye *et al.*, 2015, p. 112).

Tableau n°2 : Classification de l'indice standardisée de précipitation

SPI	Niveau de sécheresse/ humidité
SPI > 2	Humidité extrême
1 < SPI < 2	Forte Humidité
0 < SPI < 1	Humidité modérée
-1 < SPI < 0	Sécheresse modérée
-2 < SPI < -1	Forte sécheresse
SPI < -2	Sécheresse extrême

Source : C. Faye *et al.*, 2019

1.3.2. Cartographie de la végétation

1.3.2.1. Indice de végétation normalisée (NDVI)

De manière générale, la dynamique des milieux naturels est souvent attribuée au changement climatique et à l'impact de l'évolution des paramètres comme la précipitation qui influe sur le développement de la végétation. Dans cet objectif, l'indice de végétation normalisée (NDVI) est utilisé comme moyen de suivre la dynamique du couvert végétal. Indicateur des paramètres biophysiques et climatiques terrestres (G. M. Gandhi *et al.*, 2015, p. 1201), cet indice renseigne sur le niveau de bien-être, d'évolution et de santé de la végétation à travers l'analyse de l'activité chlorophyllienne (A. Razagu et N. E. I Bachari, 2014, p.498). Il est obtenu par la combinaison des bandes spectrales du rouge et du proche infrarouge issues des satellites (R. M. M. Abdusamea, 2022, p.3). Ces valeurs s'étendent de -1 qui traduit souvent les éléments non végétalisés tels que les surfaces en eau et les zones inondées et 1 pour les espaces de végétation dense ou saine (N. Ya'acob, 2014, p.4 ; A. Razagu et N. E. I. Bachari, 2014, p.498). Autour de 0, on retrouve les classes de roches, des sols nus, des zones désertiques et de neige, etc. Cet indice est donné par la formulation suivante :

$$NDVI = \frac{(PIR - R)}{(PIR + R)}$$

Où PIR= bande proche infrarouge et R = bande rouge

1.3.2.2. Analyse de la tendance de la végétation

Aux données de NDVI du capteur MODIS, il a été appliquée un test de tendance non paramétrique de Mann-Kendall (Kendall, 1975 ; Mann, 1945). Ce test sert à voir la présence d'une tendance dans les séries temporelles. L'absence de tendance H_0 est d'abord testée. Lorsque cette dernière est rejetée, on retient qu'il existe une tendance significative au seuil choisi (I. Braud, 2011). Ce test est donné par la formule suivante :

$$S = \sum_{j=1}^{j=n-1} \sum_{i=j+1}^{i=n} \text{sign}(x_i - x_j)$$

Où x_i est la valeur de la variable à la période i et x_j est la valeur de la variable j , n est la longueur de la série temporelle et $\text{sign}()$ est

une fonction de direction qui se calcule de la façon suivante :

$$\text{sign}(x_i - x_j) = \begin{cases} 1 & \text{si } (x_i - x_j) > 0 \\ 0 & \text{si } (x_i - x_j) = 0 \\ -1 & \text{si } (x_i - x_j) < 0 \end{cases}$$

Le type de la tendance est obtenu par le signe de la valeur de Z qui calculé à partir de la variance de S qui s'obtient par cette formule :

$$\text{Var}(S) = n(n-1)(2n+5)/18$$

Pour $n > 10$, Z est obtenue par la formulation suivante :

$$Z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\text{var}(S)}} & \text{si } S > 0 \\ 0 & \text{si } S = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\text{var}(S)}} & \text{si } S < 0 \end{cases}$$

L'ampleur de la tendance détectée est donnée par la pente de Sen (noté β) qui s'obtient par la formule suivante :

$$\beta = \text{Median} \left(\frac{x_i - x_j}{i - j} \right) \forall i < j$$

Ainsi, ce test a permis de détecter la tendance de la végétation dans le bassin versant du Ferlo de 2000 à 2024 à travers la valeur Z ou le taux de Kendall, d'apprécier la signification des tendances observées à travers le p -value et d'évaluer l'ampleur des tendances à travers la pente de Sen.

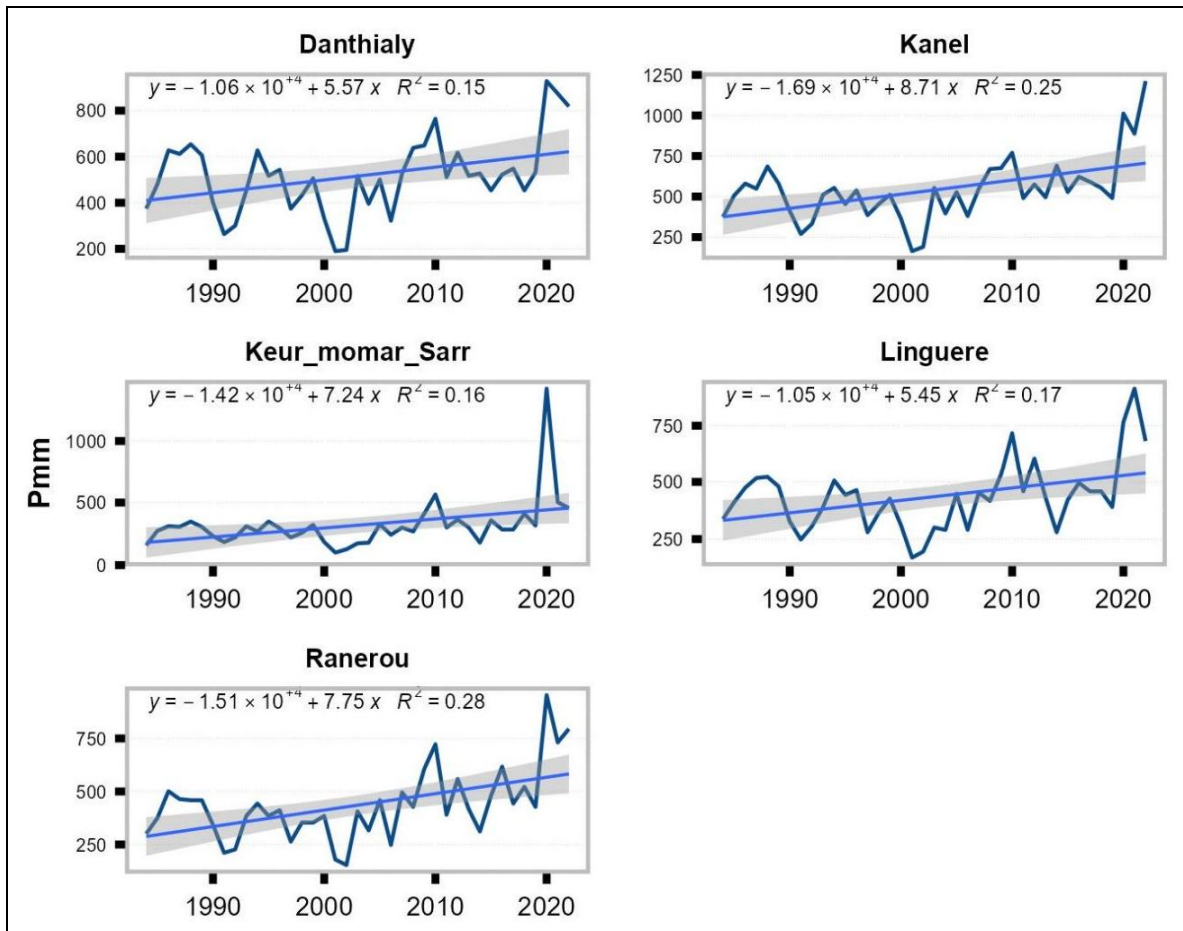
2. Résultats

2.1. Evolution de la pluviométrie moyenne annuelle dans le bassin du Ferlo

Pour comprendre la dynamique des précipitations dans le Ferlo et leurs incidences sur celle de la végétation, les totaux pluviométriques annuels ont été étudiés sur la période 1985-2024 (Figure n°1). Il s'observe une variabilité interannuelle très marquée pour l'ensemble des stations retenues dans cette étude. Les pluviométries moyennes annuelles sont estimées à 318,54 mm pour la station de Keur Momar Sarr (au Nord-Ouest), à 435,32 mm pour Ranérou (au centre), à 435,46 pour Linguère (au Centre-Ouest), à 515,56 mm pour Dianthialy (au Sud) et à 540,46 pour la station de Kanel (au Sud-Ouest). Cette répartition suit la distribution

des isohyètes au Sénégal où les précipitations varient suivant un gradient Nord-Sud.

Figure n°1 : Distribution des totaux pluviométriques annuelles dans le bassin Versant du Ferlo



Source : MERRA-2, Réalisation : M. Sow 2025.

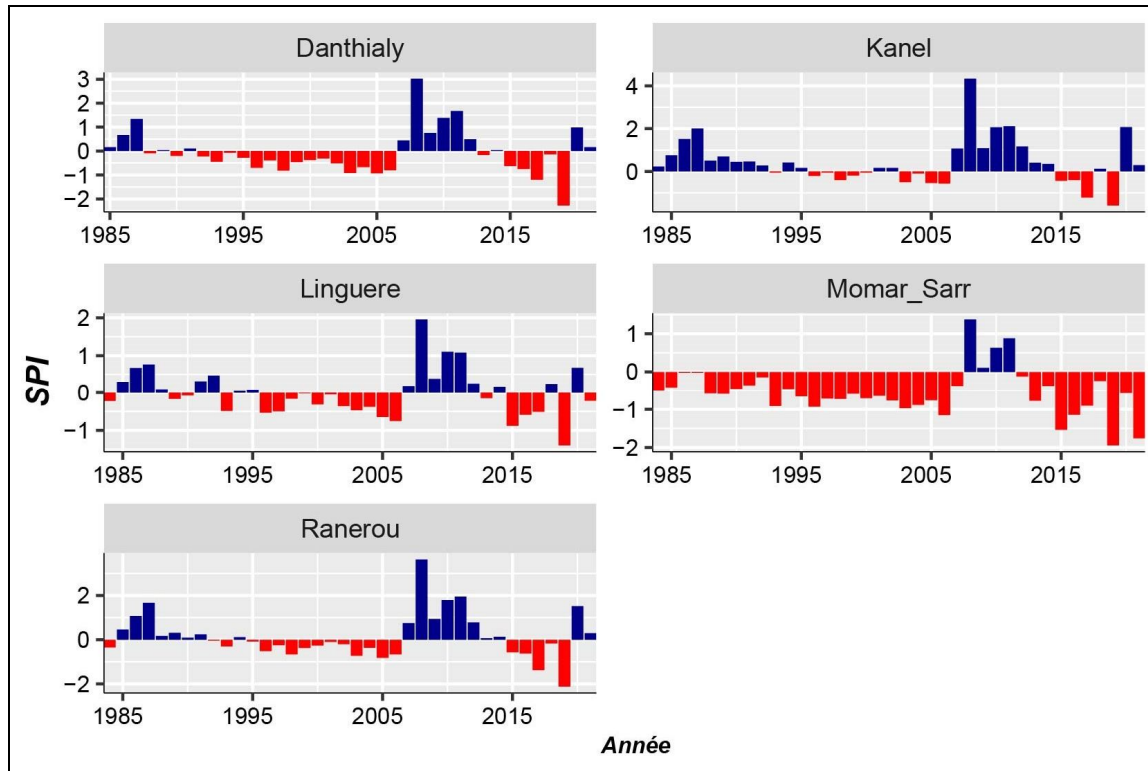
L'analyse de la figure n°1 montre une tendance globale à la hausse pour l'ensemble des stations de cette étude mais concomitamment avec des phases de hausse/baisse selon les périodes. On retrouve deux séquences temporelles dans les différentes séries étudiées. Une première phase de 1985 à 2000 particulièrement marquée par une tendance à la baisse des précipitations pour l'ensemble des stations étudiées avec des moyennes pluviométriques annuelles de 267,70 mm pour Keur Momar Sarr, de 371,62 mm pour Ranérou, de 404,40 mm pour Linguère, de 473,99 mm pour Kanel et de 476,78 mm pour la station de Danthialy. Une seconde période à partir de 2001 caractérisée par une hausse générale pour toutes les stations avec des moyennes de

357,83 mm pour Keur Momar Sarr, de 462,49 mm pour Linguère, de 484,54 mm pour Ranérou, de 545,52 mm pour la station de Danthialy et de 591,83 mm pour Kanel. Entre les deux périodes, une hausse de 58,09 mm pour Linguère, 68,74 mm pour Danthialy, de 90,12 mm Keur Momar Sarr, 112,92 mm pour Ranérou et de 117,84 mm pour Kanel. Ainsi, dans le bassin versant du Ferlo, on note une augmentation des précipitations particulièrement marquée dans le début des années 2000.

2.2. Dynamique de l'indice standardisé de précipitation (SPI)

La figure n°2 permet d'apprécier le niveau de sécheresse dans le bassin versant de 1984 à 2024.

Figure n°2 : Distribution temporelle des SPI annuels dans le bassin versant du Ferlo



Source : MERRA-2, Réalisation : M. Sow 2025.

Différentes périodes sont notées dans l'évolution des SPI annuels. Une première phase de 1984 à 1994 qui est marquée par une pluviométrie excédentaire malgré l'existence de séquences de baisse qui s'intercalent entre les humides autour des années 1990. Pendant cette phase, on estime respectivement la pluviométrie et le SPI à 448,02 mm et 0,12 pour la station de Danthialy, à 450,66 mm et 0,63 pour Kanel, à 373,29 mm et 0,15 pour Linguère et à 357,27 mm et à 0,29 pour Ranerou. De 1995 à 2007, une période sèche assez longue est observée sur les différentes stations avec un SPI moyen de -0,51 pour Danthialy, de -0,10 pour Kanel, -0,29 pour Linguère et -0,32 pour Ranerou. Dès 2008, une nouvelle séquence s'amorce marquée par une hausse généralisée des précipitations à Linguère avec un SPI de 0,15, à Danthialy avec 0,23, à Ranerou avec 0,44 et à Kanel avec 0,76.

Cette chronologie est commune à toutes les stations sauf celle de Keur Momar Sarr où la baisse générale des précipitations est constatée avec une pluviométrie moyenne annuelle de 339,32 mm et un SPI de -0,40 de

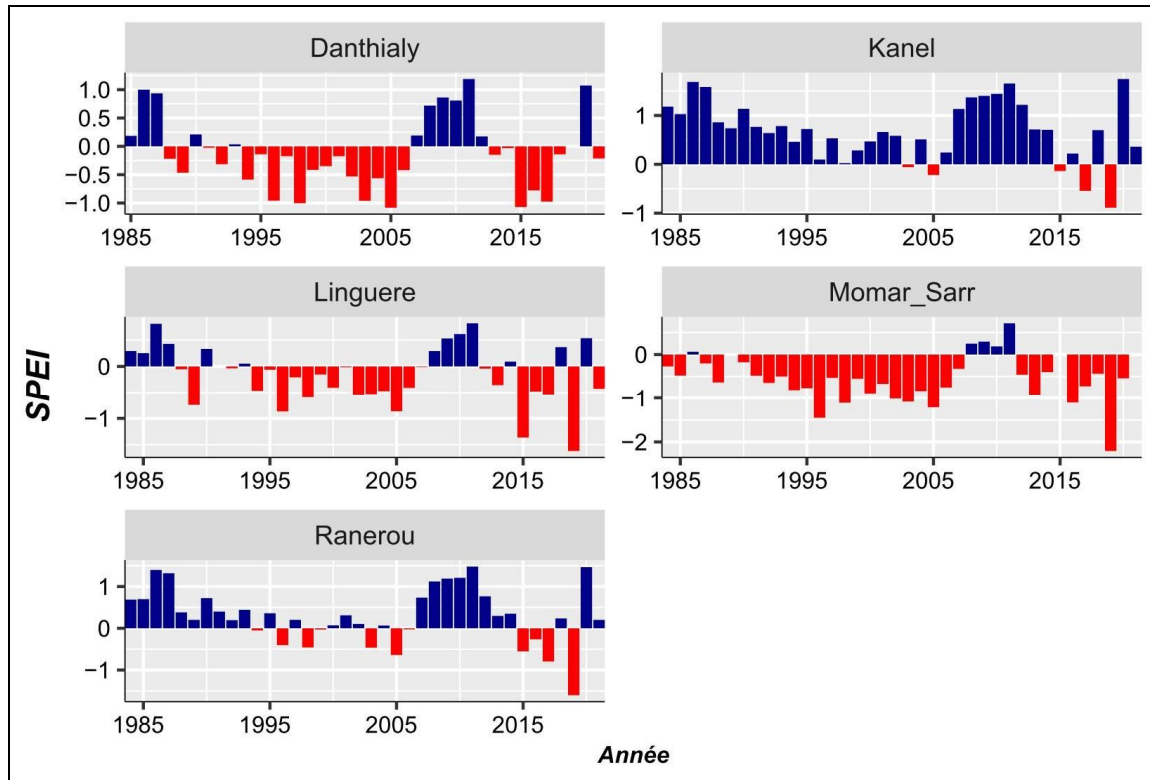
1984 à 2007. De 2008 à 2012, cette station se singularise avec une phase humide plus courte, avec une pluviométrie de 546,33 mm et un SPI de 0,73. Un retour à des années sèches est observé à partir de 2013 jusqu'à 2024.

En résumé, la dynamique des SPI est dominée par des années sèches notamment à la station de Danthialy et Linguère (27 années sèches sur 40), à Keur Momar Sarr (36 années sèches sur 40) et à Ranerou (18 années sèches sur 40). Pour Kanel, seules 15 années sèches ont été dénombrées.

2.3. Dynamique temporelle d'indice standardisé de précipitation et d'évapotranspiration (SPEI)

L'analyse de la variabilité climatique à l'échelle du bassin versant du Ferlo est complétée par l'indice standardisé de précipitations et d'évapotranspiration (SPEI) qui est un indicateur intégrant l'évapotranspiration potentielle des végétaux. Les résultats de cette analyse sont présentés dans la figure n°3.

Figure n°3 : Evolution des SPEI annuelle dans le bassin versant du Ferlo de 1984 à 2024



Source : MERRA-2 ; Réalisation : M. Sow, 2025.

Dans la figure n°3, on note l'existence d'une tendance très similaire à celle du SPI selon les stations de l'étude. Au niveau des stations de Danthialy et Linguère, trois séquences apparaissent dans l'évolution des SPEI. De 1984 à 2006, cette phase est marquée par la dominance des années sèches sur celles humides avec un SPEI moyen de -0,27 pour Danthialy et de -0,18 pour Linguère traduisant une sécheresse légère. Une seconde phase de 2007 à 2013 qui est caractérisée par un retour à des conditions plus humides pour Danthialy (SPEI=0,73) et Linguère (SPEI= 0,44). Après cette phase, la sécheresse s'installe dans ces stations du centre du Ferlo marquée par un SPEI de -0,40 pour Linguère et de -0,28 pour Danthialy.

Pour les stations de Kanel et Ranérou, les conditions humides sont plus longues et dominant l'évolution des SPEI malgré l'existence d'années sèches entre 1993 et 2006 et 2015 et 2017 pour Ranérou et entre 2003 et 2005 et 2015 et 2017 pour Kanel. La station de Keur Momar Sarr se singularise par la persistance des conditions de sécheresse sur toute la période de l'étude malgré deux courtes séquences humides en 1986 et entre 2007 et 2011.

L'évolution des SPEI sur la période étudiée traduit une évolution contrastée qui se manifeste par la succession d'années sèches/humides. On observe 25 années sèches sur 40 et un SPEI moyen de la période de -0,15 pour Danthialy, 25 années sèches et un SPEI de -0,17 pour Linguère, 33 années sèches et un SPEI de -0,52 pour Keur Momar Sarr, 11 années sèches et un SPEI de 0,29 pour Ranérou et 5 années sèches et un SPEI de 0,65 pour Kanel. Ceci confirme l'hétérogénéité climatique du Ferlo et qui impacte de manière différenciée les activités en lien avec l'élevage.

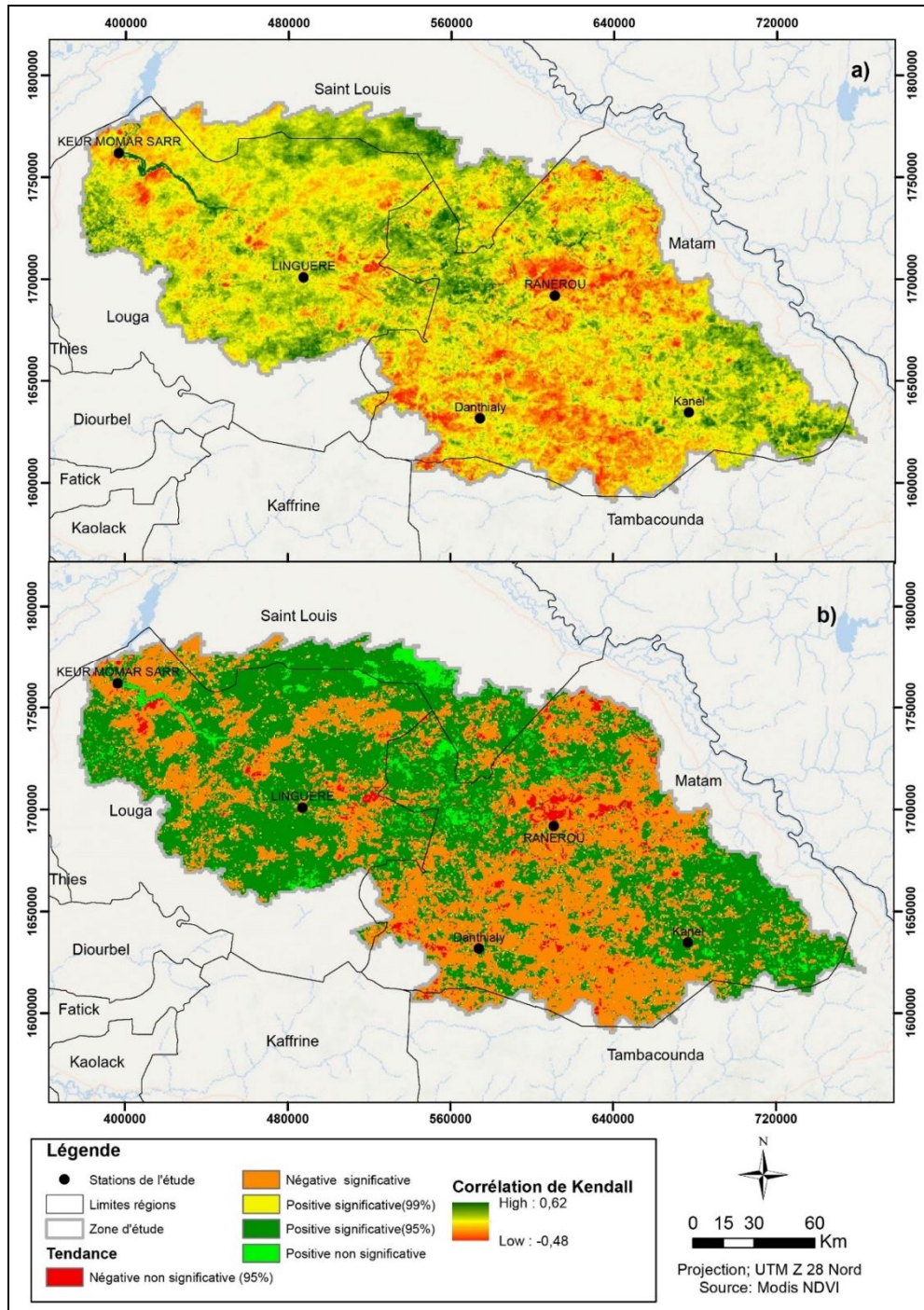
2.4. Tendance de la végétation dans le Ferlo de 2000 à 2024

La dynamique de la végétation dans le Ferlo sur la période 2000-2024 est donnée par la carte n°2. D'abord, plusieurs tendances sont notées à l'échelle du bassin avec un taux de Kendall qui varie de -0,48 à 0,68 (Carte n°2a) avec des niveaux de significativité différents. Au niveau spatial, la croissance de la végétation connaît une distribution assez hétérogène dans la zone d'étude. Elle est perceptible au nord, à l'ouest non loin de la station de Keur Momar Sarr, au centre au tour

de celle de Linguère et à l'est de la station de Kanel. Parallèlement à ces évolutions positives, une tendance négative est visible au sud à côté de Danthialy et au nord-est à proximité de la station de Ranérou (Carte n°2b). En termes de surfaces, les évolutions

positives sont notées sur 2 354 212,25 ha dans le bassin. La tendance à la baisse concerne 385 432,25 ha. Toutefois, on observe l'existence d'une tendance stationnaire estimée 1 450 250,28 ha sur la période 2000-2024.

Carte n°2 : Dynamique spatio-temporelle du taux de Kendall et du p-value de 2000 à 2024 dans le Ferlo



Source : MODIS, réactualisée par SOW M., 2025.

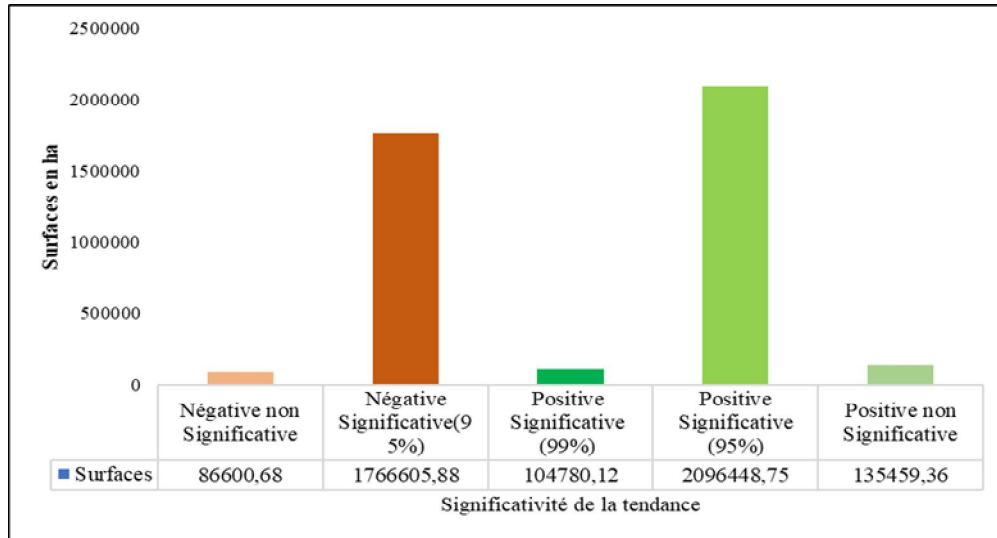
Les niveaux de significativité de ces tendances sont donnés par la figure 5b. En termes de significativité, on note une dominance des tendances significatives au

seuil de 95% aussi bien positives (2 096 448,75 ha) et perceptibles à l'Est, au centre et à l'Ouest que négatives (1 766 605,87 ha) visibles dans le Sud et le

Nord-Est autour des stations de Danthialy et Ranéro. Sur environ 104 780,11 ha, on note une tendance positive significative au seuil de 99%. Par ailleurs, il existe des tendances qui sont dites non significatives qui sont estimées à 86 600,67 ha pour celle négative et à

135 459,35 ha pour celle positive (Figure n°4). Ainsi, on peut retenir une tendance globale à la hausse de la végétation dans le Ferlo plus marquée dans l'Ouest et l'est du bassin.

Figure n°4 : Répartition des surfaces en fonction du niveau de significativité de la tendance observée dans le Ferlo

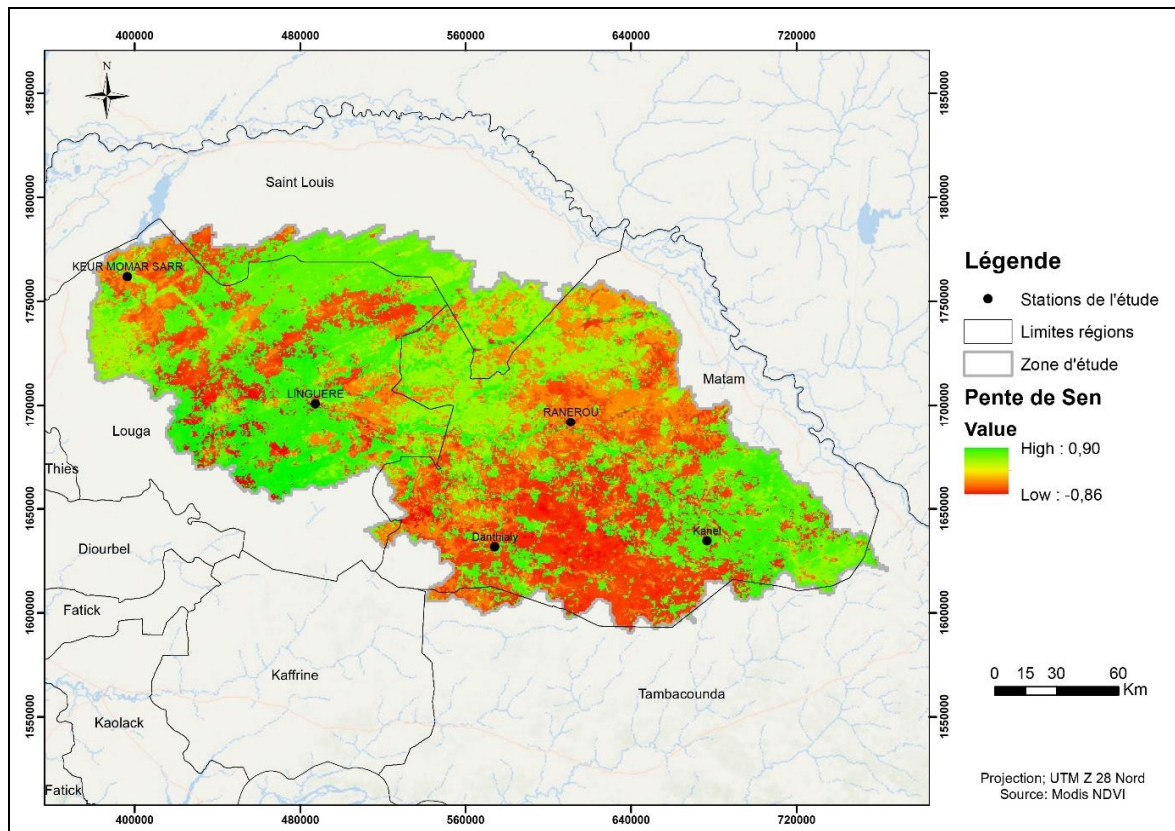


Source : MODIS, Réalisation : M. Sow, 2025.

Ces tendances sont renforcées par la pente de Sen qui correspond à l'ampleur de la tendance

détectée, c'est à dire le rythme d'évolution de la végétation à l'échelle annuelle (Carte n°3).

Carte n°3 : Distribution spatio-temporelle de la pente de Sen de la végétation dans le Ferlo



Source : MODIS, Réalisation : M. Sow, 2025.

Cette pente, qui varie entre -0,86 à 0,90, indique les changements intervenus dans la végétation dans cette zone. La dynamique spatiale de la pente de Sen suit celle de la dynamique de la végétation où les régions Sud, Nord-Est et certaines parties Ouest notent des valeurs négatives traduisant une décroissance de la végétation. Le Sud-Est, le centre et le Nord enregistrent les pentes de Sen positives et donc une tendance à la hausse des ressources végétales dans le Ferlo.

3. Discussion

Cette étude a cherché à comprendre les incidences de la variabilité climatique sur la dynamique du couvert végétal au moyen d'une diversité d'indices tels que le SPEI, le SPI et le NDVI. Pour atteindre ces objectifs, l'étude a d'abord procédé à la caractérisation de la dynamique climatique au moyen du SPI qui s'intéresse à l'évolution des précipitations et du SPEI qui intègre l'évapotranspiration potentielle indispensable à la survie des végétaux. Ces méthodes ont déjà été utilisées pour l'étude de la sécheresse climatique par divers auteurs tels que Y. Li, *et al.* (2024), C. Faye (2022, p. 59), S. Haba *et al.* (2022, p. 105), S. Dièye *et al.* (2021, p. 236) et ont permis d'aboutir à la caractérisation des conditions climatiques dans différentes régions du globe. Ces méthodes ont été complétées par le test de Mann-Kendall, appliqué au NDVI qui a permis de saisir la tendance dans l'évolution du couvert végétal dans le bassin du Ferlo. C'est une méthode non paramétrique appliquée au climat par M. Sow (2024, p. 6) et S. Rome *et al.*, (2015, p. 593), et à la végétation par B. Solly *et al.*, (2021, p. 6), B. Baniya *et al.* (2018, p. 6) et donne une tendance en termes de hausse ou de baisse.

Les résultats obtenus montrent une tendance globale à la sécheresse dans tout le Ferlo malgré une timide amélioration des conditions climatiques perçue avec le SPI après le 2007 qui est plus marquée dans les stations Sud et centre que dans celle du Nord de Keur Momar Sarr. Une tendance similaire est notée pour le SPEI à Ranérou, Danthialy et Linguère où une croissance est observée avant de laisser à une variabilité interannuelle très marquée à partir de 2014. La station de Kanel se singularise

par des conditions climatiques exceptionnellement humides tout le long de la période étudiée malgré l'existence de quelques années sèches. Celle de Keur Momar Sarr se distingue par la sécheresse malgré quelques années humides entre 2010 et 2014. Ces résultats sont en phase avec celle de S. Dièye *et al.* (2021, p. 241) qui déduit une évolution très contrastée avec l'existence de plusieurs périodes de ruptures notamment en 2007 avec une tendance globale à la baisse des précipitations. D. Sylla *et al.*, (2020, p. 60) confirment cette thèse et montre une dynamique à l'assèchement du Ferlo malgré le retour pluviométrique évoqué par certains travaux dans le Sahel.

L'analyse de l'évolution de la tendance de la végétation montre une dynamique aussi mitigée que celle des précipitations mais quand même dominée par une tendance à la régénération du couvert végétal surtout dans les nord, centre et est du bassin. Ceci confirme le travail de M. A. Sarr, (2009, p. 243-255) qui explique une amélioration des conditions de la végétation à partir des années 90 qui lie à l'évolution positive des précipitations même s'il rappelle dans certaines zones que cela peut être dû au résultat du mode d'exploitation de la terre. Il faut aussi noter que cette tendance à la régénération du NDVI n'est pas uniforme à l'échelle du bassin du Ferlo et dans les zones au nord de Linguère et au sud de Danthialy, on note une décroissance de la végétation. Ces résultats sont confortés par les travaux de D. Sylla *et al.*, (2019, p. 6685) où ils rappellent une dégradation de la végétation au nord de Linguère dans la forêt de Tésékéré.

Cette dégradation du couvert végétal est le résultat de plusieurs décennies d'assèchement et d'une distribution aléatoire des précipitations conduisant à une pression sur les ressources fourragères disponibles. De plus, les activités anthropiques telles que l'agriculture pluviale se traduit par le défrichage d'énormes surfaces dans le bassin (T. Ba, 2017, p. 49).

Ainsi, il s'observe une dynamique de la végétation assez contractée avec des phases de croissance et de décroissance selon la zone du bassin. Il semble difficile d'expliquer cette

dynamique seulement avec la variabilité climatique en raison des résultats de l'étude. Ceci rejoint les conclusions de T. Ba, (2017, p. 49) et O. Ndiaye *et al.*, (2013, p. 8) qui ont évoqué l'influence des pratiques agricoles comme facteur de dégradation de la végétation du Ferlo en plus du climat. D. Sylla *et al.*, (2019, p. 6686) expliquent que l'existence d'un gradient des précipitations, la progression des activités agricoles vers le Nord en raison de l'épuisement des réserves foncières du bassin arachidier mais aussi le changement de mode de vie des pasteurs qui se sont fixés autour des points est à l'origine des mutations du paysage notées dans le Ferlo. Dès lors, il semble complexe d'analyser la dynamique du couvert végétal avec seulement l'évolution climatique.

Conclusion

Cette étude a permis d'étudier l'évolution du couvert végétal dans le bassin du Ferlo en relation avec la variabilité climatique à travers un faisceau d'indices tels que le SPI, le SPEI et NDVI. Les résultats de cette étude révèlent une évolution très contrastée aussi bien au niveau temporel que spatial dominée par une tendance à l'assèchement marquée dans les zones nord (Keur Momar Sarr) et sud (Danthialy), malgré une amélioration pluviométrique observée à partir des années 2000 dans certaines stations. La végétation, elle, montre une évolution contrastée avec une croissance dans les zones du nord, du centre et de l'est, et une déforestation dans les parties sud et au nord-est. Ces conclusions suggèrent l'impact des facteurs humains dans la dynamique du couvert végétal notamment l'agriculture, le mode de vie et les questions de pratiques pastorales. Ainsi, l'évolution de la végétation du Ferlo est le résultat d'une interaction complexe entre ces éléments qu'il convient d'étudier dans les études futures.

Références bibliographiques

BANIYA Binod, TANG Qihong, HUANG Zhongwei, SUN Siao, et TECHATO Kua-anan, 2018, « Spatial and temporal variation of NDVI in response to climate change and the implication for carbon dynamics in Nepal », *Forests*, Vol. 9, N°6, p. 1-19 p.

BODIAN Abdoulaye, DIOP Lamine, PANTHOU Gabriel, DACOSTA Hubert, DEME Abdoulaye, DEZETTER Alain, NDIAYE Papa Malick, DIOUF Ibrahima et VISCHER Thomas, 2020, "Recent trend in hydroclimatic conditions in the Senegal River Basin", *Water*, Volume 12, Numéro 2, p. 12. DOI : <https://doi.org/10.3390/w12020436>

BODIAN Ansooumana, 2012, *Approche par modélisation pluie-débit de la connaissance régionale de la ressource en eau : application au haut bassin du fleuve Sénégal*, Thèse de doctorat en Hydrologie continentale, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Dakar, Sénégal, 260 p.

CHRISTIDIS Nikolaos, STOTT Peter, BROWN Sarah, HEGERL Gabriele C., et CAESAR John, 2005, "Detection of changes in temperature extremes during the second half of the 20th century", *Geophysical Research Letters*, Volume 32, DOI :10.1029/2005GL023885.

DIÈYE Seydou, FAYE Cheikh Ababacar FALL et SAMBOU Pierre Corneille, 2021, « Use of the standardized precipitation and evapotranspiration index (SPEI) from 1961 to 2019 to characterize the drought trend in northern Senegal: Study of the spatio-temporal dynamics in the Ferlo watershed », *Adn Envi Was Mana Rec*, Vol. 4, N°3, p. 232-244.

FAYE Cheikh, 2013, *Évaluation et gestion intégrée des ressources en eau dans un contexte de variabilité hydro-climatique : cas du bassin versant de la Falémé*, Thèse de Doctorat, Département de Géographie, Faculté des Lettres et Sciences Humaines (FLSH), Université Cheikh Anta Diop (UCAD), Dakar, Sénégal, 309 p.

FAYE Cheikh, 2022, « Analyse de l'intensité et des tendances de la sécheresse à l'aide du SPEI modifié au Sud du Sénégal de 1980 à 2016 », *Territoires, Environnement et Développement (TED)*, Volume 1, Numéro 2, pp. 49-69.

MEERAGANDHI Gajanan, PARTHIBAN S., THUMMALU Nagaraj et CHRISTY A., 2015, « NDVI: Vegetation change detection using remote sensing and GIS – A case study

- of Vellore District », *Procedia Computer Science*, Volume 57, p. 1199-1210.
- GIEC, 2014, *Changements climatiques, 2014 : Rapport de synthèse*, Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Sous la direction de PACHURI Rajendra K. et MEYER Leo], GIEC, Genève, Suisse, 161 p.
- HABA Siba, BAMBA Zoumana, DIABY Idrissa et MANSARÉ Tambada, 2022, « Caractérisation de la fluctuation pluviométrique de la Guinée à l'aide de l'indice standardisé de la précipitation (SPI) », *Afrique SCIENCE*, Vol. 21, N°6, p. 102-112.
- WEN Jun, WANG Xinhua, GU Meihua et XU Xuyan, 2012, "Impact of climate change on reference crop evapotranspiration in Chuxiong City", *Yunnan Province, Procedia Earth and Planetary Science*, Volume 5, p. 113-119.
- LI Yansong, CHEN Yaning, CHEN Yapeng, DUAN Weili, WANG Jiayou, et WANG Xu, 2024, "Characteristics of dry and wet changes and future trends in the Tarim River Basin based on the Standardized Precipitation Evapotranspiration Index", *Water*, Volume 16, Numéro 6, article 880, DOI: <https://doi.org/10.3390/w16060880>
- NDONG Jean-Bernard, 1996, *L'évolution du climat du Sénégal et les conséquences de la sécheresse récente sur l'environnement*, Thèse de doctorat, Université Jean Moulin, Lyon 3, Lyon, France, 501 p.
- POCCARD-LECLERCQ Isabelle, 2000, *Étude diagnostique de nouvelles données climatiques : Les réanalyses. Exemples d'application aux précipitations en Afrique tropicale*, Université de Bourgogne, <https://theses.hal.science/tel-00012042>
- RAZAGUI Abdelhak et BACHARI Nour El Islam, 2014, « Analyse spatio-temporelle de l'indice de végétation NDVI calculé à partir des images satellites NOAA et MSG », *Journal of Renewable Energies*, Volume 17, Numéro 3, p. 497-506.
- ROME Sandra, CANIAUX Guy, RINGARD Justine, DIEPPOIS Bastien et DIEDHIOU Arona, 2015, « Identification de tendances récentes et ruptures d'homogénéité des températures : exemple en Afrique de l'Ouest et sur le Golfe de Guinée », 28^{ème} colloque international de l'AIC, Volume 28, p. 591-596
- RUANE Alex C., GOLDBERG Richard et CHRYSSANTHACOPOULOS James, 2015, "Climate forcing datasets for agricultural modeling: Merged products for gap-filling and historical climate series estimation", *Agricultural and Forest Meteorology*, Volume 200, p. 233–248. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2014.09.016>
- SENE Serigne, KHOUMA Mory et FAYE Cheikh, 2023, "Characterization of wet and dry conditions in Niaoulé's basin in a context of climate change with the Standardized Precipitation and Evapotranspiration Index (SPEI)", *EWASH & TI Journal*, Volume 7, Numéro 4, p. 1029-1038.
- Boubacar Solly, DIÈYE El Hadji Balla, SY Oumar, JARJU Aruna Momar et SANÉ Tidiane, 2018, Détection des zones de dégradation et de régénération de la couverture végétale dans le sud du Sénégal à travers l'analyse des tendances de séries temporelles MODIS NDVI et des changements d'occupation des sols à partir d'images Landsat., 15 p.
- SOW Abdou Aziz, 2007, *L'hydrologie du Sud-Est du Sénégal et de ses confins guinéo-maliens : les bassins de la Gambie et de la Falémé*, Thèse de Doctorat d'État, Département de Géographie, Faculté des Lettres et Sciences Humaines (FLSH), Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD), Dakar, Sénégal, 1232 p.
- SOW Moussa, GAYE Demba et DIAKHATÉ Mouhamadou Mawloud, 2024, « Analyse de l'évolution spatio-temporelle de la tendance des extrêmes chauds au Sénégal », *Vertigo* - la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne], Regards / Terrain, mis en ligne le 08 août 2024, URL : <http://journals.openedition.org/vertigo/44862>.

SYLLA Diarra, BA Taibou, SARR Oumar, SAGNA Moustapha Bassimbé, SARR Mamadou Adama et GUISSSE Aliou, 2020, « Spatio-temporal dynamics of the ecosystems of the Six Forages sylvopastoral reserve (Ferlo, North-Senegal) », *SCIREA Journal of Geosciences*, Volume 4, Numéro 2, p. 50-75.

YA'ACOB Norsuzila, AZIZE Aziean Binti Mohd, MAHMON Nur Anis, YUSOF Azita Laily, AZMI Nor Farhana et MUSTAFA Norfazira, 2014, « Temporal Forest change detection and forest health assessment using Remote Sensing », *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 19, N°1, 8 p.