



Revue du Laboratoire Africain de Démographie et  
des Dynamiques Spatiales

**ISSN: 2707-0395**

*N°10 \_ Décembre 2023*

“

Mieux comprendre l'espace

”

Département de Géographie  
Université Alassane Ouattara

Courriel : [revuegeovision@gmail.com](mailto:revuegeovision@gmail.com)

Site web : [www.revuegeovision.laboraddys.org](http://www.revuegeovision.laboraddys.org)

## INDEXATIONS



TOGETHER WE REACH THE GOAL

Journal details : <http://sjifactor.com/passport.php?id=23386>



<https://reseau-mirabel.info/revue/17310/Geovision>



<https://aurehal.archives-ouvertes.fr/journal/read/id/150985>

**ADMINISTRATION DE LA REVUE**

**Directeur de publication** : Pr MOUSSA Diakité, Professeur Titulaire, Université Alassane Ouattara (Bouaké-Côte d'Ivoire)

**Rédacteur en chef** : Pr LOUKOU Alain François, Professeur Titulaire, Université Alassane Ouattara (Bouaké-Côte d'Ivoire)

**Rédacteur en chef adjoint** : Dr ZAH Bi Tozan, Maître de Conférences, Université Alassane Ouattara (Bouaké-Côte d'Ivoire)

**SECRETARIAT DE RÉDACTION**

Dr DIARRASSOUBA Bazoumana, Maître de Conférences, Université Alassane Ouattara (Bouaké-Côte d'Ivoire)

Dr FOFANA Bakary, Géographe, Chercheur Indépendant

Dr ADOU Bosson Camille, Géographe, Enseignant-Chercheur, Université de Bondoukou (Côte d'Ivoire)

Dr TANOH Ané Landry, Géographe, Chercheur Indépendant

**COMITÉ SCIENTIFIQUE ET DE LECTURE**

Pr MOUSSA Diakité, Université Alassane Ouattara (Bouaké-Côte d'Ivoire)

Pr BÉCHI Grah Félix, Université Alassane Ouattara (Bouaké-Côte d'Ivoire)

PhD : Inocent MOYO, University of Zululand (Afrique du Sud) / Président de la Commission des études africaines de l'Union Géographique Internationale (UGI)

Pr AFFOU Yapi Simplicie, Université Félix Houphouët Boigny Cocody-Abidjan (Côte d'Ivoire)

Pr ALOKO N'guessan Jérôme, Université Félix Houphouët Boigny Cocody-Abidjan (Côte d'Ivoire)

Pr ASSI-KAUDJHIS Joseph P., Université Alassane Ouattara (Bouaké-Côte d'Ivoire)

Pr BIGOT Sylvain, Université Grenoble Alpes (France)

Professor J.A. BINNS, Géographe, University of Otago (Nouvelle-Zélande)

Pr BOUBOU Aldiouma, Université Gaston Berger (Sénégal)

Pr BROU Yao Téléphore, Université de La Réunion (La Réunion-France)

Pr Momar DIONGUE, Université Cheick Anta Diop (Dakar-Sénégal)

Pr Emmanuel EVENO, Université Toulouse 2 (France)

Pr KOFFI Brou Émile, Université Alassane Ouattara (Bouaké-Côte d'Ivoire)

Pr KONÉ Issiaka, Université Alassane Ouattara (Bouaké-Côte d'Ivoire)

Pr Nathalie LEMARCHAND, Université Paris 8 (France)

Pr Pape SAKHO, Université Cheick Anta Diop, (Dakar-Sénégal)

Pr SOKEMAWU Koudzo Yves, Université de Lomé (Togo)

Dr Ibrahim SYLLA, Université Cheick Anta Diop, (Dakar-Sénégal)

Pr LOUKOU Alain François, Université Alassane Ouattara (Bouaké-Côte d'Ivoire)

Pr VEI Kpan Noel, Université Alassane Ouattara (Bouaké-Côte d'Ivoire)

Dr (MC) ZAH Bi Tozan, Université Alassane Ouattara (Bouaké-Côte d'Ivoire)

Dr (MC) DIOMANDÉ Béh Ibrahim, Université Alassane Ouattara (Bouaké- Côte d'Ivoire)

Dr (MC) SORO Nabegue, Université Alassane Ouattara (Bouaké-Côte d'Ivoire)

Dr (MC) KOFFI Kan Émile, Université Alassane Ouattara (Bouaké-Côte d'Ivoire)

Dr (MC) ETTIEN Dadja Zenobe, Université Alassane Ouattara (Bouaké-Côte d'Ivoire)

## INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

Dans le souci d'uniformiser la rédaction des communications, les auteurs doivent se référer aux normes du Comité Technique Spécialisé (CTS) de Lettres et Sciences Humaines/CAMES. En effet, le texte doit comporter un titre (Times New Roman, taille 12, Lettres capitales, Gras), les Prénom(s) et NOM de l'auteur ou des auteurs, l'institution d'attache, l'adresse électronique de (des) auteur(s), le résumé en français (250 mots), 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 structure d'un texte scientifique comportant : Introduction (Problématique ; Hypothèse compris) ; Approche méthodologique ; Résultats et Analyse ; Discussion ; Conclusion ; Références bibliographiques. Le volume du manuscrit ne doit pas excéder 15 pages, illustrations comprises. Les textes proposés doivent être saisis à l'interligne 1, Times New Roman, taille 11.

**1. Les titres des sections du texte doivent être numérotés de la façon suivante :** 1. Premier niveau (Times New Roman, Taille de police 12, gras) ; 1.1. Deuxième niveau (Times New Roman, Taille de police 12, gras, italique) ; 1.2.1. Troisième niveau (Times New Roman, Taille de police 11, 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 ; taille de police 11, gras). La source (centrée) est indiquée en dessous de l'élément d'illustration (Taille de police 10). Ces éléments d'illustration doivent être annoncés, insérés puis commentés dans le corps du texte.

**3. Notes et références :** 3.1. Éviter les références de bas de pages ; 3.2. 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. Exemple : (D. MOUSSA, 2018, p. 10) ; -Initiale (s) du Prénom ou des Prénoms et Nom de l'Auteur (année de publication, pages citées). Exemple : D. MOUSSA (2018, p. 10).

**4. La bibliographie :** elle doit comporter : le nom et le (les) prénom (s) de (des) auteur(s) entièrement écrits, l'année de publication de l'ouvrage, le titre, le lieu d'édition, la maison d'édition et le nombre de pages de l'ouvrage. Elle peut prendre diverses formes suivant le cas :

- *pour un article* : LOUKOU Alain François, 2012, « La diffusion globale de l'Internet en Côte d'Ivoire. Évaluation à partir du modèle de Larry Press », in *Netcom*, vol. 19, n°1-2, pp. 23-42.

- *pour un ouvrage* : HAUHOUOT Asseyo Antoine, 2002, *Développement, aménagement, régionalisation en Côte d'Ivoire*, EDUCI, Abidjan, 364 p.

- *un chapitre d'ouvrage collectif* : CHATRIOT Alain, 2008, « Les instances consultatives de la politique économique et sociale », in Morin, Gilles, Richard, Gilles (dir.), *Les deux France du Front populaire*, Paris, L'Harmattan, « Des poings et des roses », pp. 255-266.

- *pour les mémoires et les thèses* : DIARRASSOUBA Bazoumana, 2013, *Dynamique territoriale des collectivités locales et gestion de l'environnement dans le département de Tiassalé*, Thèse de Doctorat unique, Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, 489 p.- *pour un chapitre des actes des ateliers, séminaires, conférences et colloque* : BÉCHI Grah Felix, DIOMANDE Beh Ibrahim et GBALOU De Sahi Junior, 2019, Projection de la variabilité climatique à l'horizon 2050 dans le district de la vallée du Bandama, Acte du colloque international sur « *Dynamique des milieux anthropisés et gouvernance spatiale en Afrique subsaharienne depuis les indépendances* » 11-13 juin 2019, Bouaké, Côte d'Ivoire, pp. 72-88

- Pour les documents électroniques : INS, 2010, *Enquête sur le travail des enfants en Côte d'Ivoire*. Disponible à : [http://www.ins.ci/n/documents/travail\\_enfant/Rapport%202008-ENV%202008.pdf](http://www.ins.ci/n/documents/travail_enfant/Rapport%202008-ENV%202008.pdf), consulté le 12 avril 2019, 80 p.

## Éditorial

Comme intelligence de l'espace et savoir stratégique au service de tous, la géographie œuvre constamment à une meilleure compréhension du monde à partir de ses approches et ses méthodes, en recourant aux meilleurs outils de chaque époque. Pour les temps modernes, elle le fait à l'aide des technologies les plus avancées (ordinateurs, technologies géospatiales, à savoir les SIG, la télédétection, le GPS, les drones, etc.) fournissant des données de haute précision sur la localisation, les objets et les phénomènes. Dans cette quête, les dynamiques multiformes que subissent les espaces, du fait principalement des activités humaines, offrent en permanence aux géographes ainsi qu'à d'autres scientifiques des perspectives renouvelées dans l'appréciation approfondie des changements opérés ici et là. Ainsi, la ruralité, l'urbanisation, l'industrialisation, les mouvements migratoires de populations, le changement climatique, la déforestation, la dégradation de l'environnement, la mondialisation, etc. sont autant de processus et de dynamiques qui modifient nos perceptions et vécus de l'espace. Beaucoup plus récemment, la transformation numérique et ses enjeux sociaux et spatiaux ont engendré de nouvelles formes de territorialité et de mobilité jusque-là inconnues, ou renforcé celles qui existaient au préalable. Les logiques sociales, économiques et technologiques produisant ces processus démographiques et ces dynamiques spatiales ont toujours constitué un axe structurant de la pensée et de la vision géographique. Mais, de plus en plus, les sciences connexes (sciences sociales, sciences économiques, sciences de la nature, etc.) s'intéressent elles aussi à l'analyse de ces dynamiques, contribuant ainsi à l'enrichissement de la réflexion sur ces problématiques. Dans cette perspective, la revue GéoVision qui appelle à observer attentivement le monde en vue de mieux en comprendre les évolutions, offre aux chercheurs intéressés par ces dynamiques, un cadre idéal de réflexions et d'analyses pour la production d'articles originaux. Résolument multidisciplinaire, elle publie donc, outre des travaux géographiques et démographiques, des travaux provenant d'autres disciplines des sciences humaines et naturelles. GéoVision est éditée sous les auspices de la Commission des Études Africaines de l'Union Géographique Internationale (UGI), une instance spécialement créée par l'UGI pour promouvoir le débat académique et scientifique sur les enjeux, les défis et les problèmes spécifiques de développement à l'Afrique. La revue est semestrielle, et paraît donc deux fois par an (en anglais et en français).

Bouaké, le 16 Septembre 2019

La rédaction

## **AVERTISSEMENT**

**Le contenu des publications n'engage que leurs auteurs. La Revue GéoVision ne peut, par conséquent, être tenue responsable de l'usage qui pourrait en être fait.**

**SOMMAIRE**

ANALYSE DE LA RÉPARTITION GEOGRAPHIQUE DES OUVRAGES HYDRAULIQUES DANS L'ARRONDISSEMENT D'ÈKPE, COMMUNE DE SEME-PODJI AU BENIN

**NOFODO INNOCENT GBAÏ, DJAFAROU ABDOULAYE, Ismaël E. PADONOU, Brice A. H. TENTE, Jean Bosco K. VODOUNOU..... 12**

ANALYSE DE LA DYNAMIQUE DES VILLES DE TOUBORO ET DE MADINRIN AU NORD-CAMEROUN

**NDJIDDA PALOU Justin<sup>1</sup> et TCHOTSOUA Michel<sup>2</sup>..... 30**

CONTRIBUTION DU TRANSPORT ROUTIER A L'ESSOR URBAIN DE LA VILLE DE SEGOU AU MALI

**DOUMBIA Siaka<sup>1</sup>, IBRAHIMA Aliou<sup>2</sup>, ABDOUL KADRI Koll<sup>3</sup>, BAH Sory Ibrahima<sup>4</sup>, SOIBA Alhousseyni<sup>5</sup> ..... 46**

VARIABILITÉ DE LA PLUVIOMÉTRIE DANS LE NORD-OUEST DU SÉNÉGAL

**SOULEYMANE DIALLO <sup>1</sup>, CHEIKH DIOP <sup>2</sup>..... 55**

LA MOTO-TAXI DANS LE TRANSPORT COLLECTIF À DAKAR (SÉNÉGAL) : ENTRE STRATÉGIE DE SURVIE DES ACTEURS, EFFICACITÉ DANS LES DÉPLACEMENTS ET DÉRIVÉS

**FALL Awa<sup>1</sup>, NGOM Ndèye<sup>2</sup>, CASSE Lamine Ousmane<sup>3</sup>, GNING Djibril<sup>4</sup>..... 65**

GENRE, RECOURS ET LES DÉTERMINANTS DE L'ACCÈS AUX RESSOURCES ÉNERGÉTIQUES DANS LES MÉNAGES RURAUX DE LA PRÉFECTURE DE TONE (RÉGION DES SAVANES AU TOGO)

**Yendoubouan NANGUEPAGUE<sup>1</sup>, Edinam KOLA<sup>2</sup>..... 80**

ANALYSE FLORISTIQUE ET SOCIO-ÉCONOMIQUE DE LA VÉGÉTATION DES COLLINES DU CANTON D'ATALOTE DANS LA COMMUNE DE KERAN 2 (NORD-TOGO)

**AKAME Laounta ..... 96**

REGARD SUR LE TOURISME RÉSIDENTIEL EN AFRIQUE SUBSAHARIENNE : LE CAS DE LA STATION BALNÉAIRE DE SALY PORTUDAL (SÉNÉGAL)

**Elhadji Babacar NDAO<sup>1</sup>, Cheikh Samba WADE<sup>2</sup>, Aly SAMBOU<sup>3</sup> ..... 111**

LE TOURISME COMME ALTERNATIVE À LA PRODUCTION DU CANNABIS DANS LES ÎLES KARONE EN CASAMANCE (SÉNÉGAL)

**Philippe Ndiaga Ba<sup>1</sup>, Mamadou Diombéra<sup>2</sup>..... 128**



LES UNITÉS DE PRODUCTION DE L'ATTIÉKÉ DANS LA VILLE DE GRAND-LAHOU A L'ÉPREUVE DE LA CULTURE DU MANIOC (CÔTE D'IVOIRE)

**Kouassi Séverin KOUAKOU<sup>1</sup>, Koffi Jean Marius Boris KOUAME<sup>2</sup> ..... 142**

DE LA NÉCESSITÉ D'UN SERVICE DE COMMUNICATION À LA MAIRIE DE GRAND-BASSAM

**Guy-Venance GNAKO..... 157**

LES COMMUNES CÔTIÈRES DU SÉNÉGAL FACE AUX DÉFIS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES : CAS DES INONDATIONS DANS LA COMMUNE DE THIAROYE SUR MER

**Mame Cheikh NGOM<sup>1</sup>, Abibatou SARRE<sup>2</sup>, Madior LY<sup>3</sup>, Didier DESPOND<sup>4</sup>..... 168**

GOUVERNANCE DU FONCIER URBAIN À KATIOLA (CÔTE D'IVOIRE) : DES DISCORDS DANS LA GESTION D'UNE RESSOURCE CONVOITÉE DANS LE DÉVELOPPEMENT DE LA VILLE

**KONAN Kouakou Attien Jean-Michel<sup>1</sup>, COULIBALY Karamoko<sup>2</sup>, YAPI Atsé Calvin<sup>3</sup>..... 184**

LES PROFESSEURS D'HISTOIRE-GÉOGRAPHIE DU CYCLE SECONDAIRE DES INSPECTIONS D'ACADÉMIE (IA) DE DAKAR ET DE SÉDHIU (SÉNÉGAL) À L'ÉPREUVE DE L'USAGE PÉDAGOGIQUE DE LA CARTOGRAPHIE NUMÉRIQUE

**Amadou Tidiane DIALLO<sup>1</sup>, Mamadou Bouna TIMÉRA<sup>2</sup>..... 195**

IMPACT DE LA PRODUCTION DE LA BANANE PLANTAIN SUR L'AUTONOMISATION DE LA FEMME EN ZONE RURALE DANS LE DÉPARTEMENT DE BOUAFLÉ, CÔTE D'IVOIRE

**SILUE FONOLOUROUGO<sup>1</sup>, YEO NAVANHAN<sup>2</sup>, VEI KPAN NOEL<sup>3</sup> ..... 207**

CAUSES ET CONSÉQUENCES DE LA DÉPERDITION SCOLAIRE FÉMININE AU LYCÉE ASKIA MOHAMED (LAM) DANS LE DISTRICT DE BAMAKO AU MALI

**Modibo Z. COULIBALY<sup>1\*</sup>, Bakari SANOGO<sup>2</sup>, Alassan KEITA<sup>3</sup> ..... 222**

LES CURRICULUMS DE GÉOGRAPHIE DU SECONDAIRE GENERAL IVOIRIEN : QUEL PARADIGME DOMINANT DANS UN CONTEXTE D'ÉMERGENCE DE L'ÉDUCATION AU DÉVELOPPEMENT DURABLE (EDD) ?

**Kouadio Jean-Pierre OUSSOU ..... 235**

DÉSTRUCTURATION DU G5 SAHEL ET PERSPECTIVE TERRORISTE DANS LES ÉTATS MEMBRES DE LA CBLT

**Christian EYAGA<sup>1</sup>, Brahim Nouradine MAHAMAT<sup>2</sup>, Désiré NDOKI<sup>3</sup> ..... 249**

L'ACCOMPAGNEMENT DES FRERES ET SŒURS DANS LA SCOLARITE DE LEUR GERMAIN AUTISTE

**Alimata SAWADO**..... 266

LES CARACTÉRISTIQUES SOCIO-DÉMOGRAPHIQUES DES RÉSIDENTS EN ZONE PORTUAIRE D'ABIDJAN

**KANGA Konan Victorien**..... 276

PRATIQUES URBAINES ET DÉGRADATION DU CADRE DE VIE DANS L'ARRONDISSEMENT 2 BACONGO À BRAZZAVILLE (RÉPUBLIQUE DU CONGO)

**BAKANAHONDA Syviney Franck Laurel**..... 290

LES PETITS MÉTIERS SUR LE DOMAINE UNIVERSITAIRE A NIAMEY (NIGER)

**BOUBACAR AKALI Haoua<sup>1</sup>, MOUSSA YAYE Abdoul Bachirou<sup>2</sup>, MOTCHO Kokou Henri<sup>3</sup>**  
..... 298

EFFETS DE LA RÉFORME DU SECTEUR DES ENGRAIS SUR LES PETITS PRODUCTEURS DU SOUCHET (CYPERUS ESCULENTUS L.) DE LA RÉGION DE MARADI (NIGER)

**Saley SOULEY<sup>1\*</sup>, Bachirou SEYNI BODO<sup>2</sup> et Maman WAZIRI MATO<sup>3</sup>** ..... 313

ÉTUDE COMPARÉE DE LA PERCEPTION PAYSANNE ET DONNÉES D'IMAGES SATELLITAIRES SUR L'ÉVOLUTION DU COUVERT VÉGÉTAL DANS LA RÉGION DU GBÔKLÈ

**Konan Henri AHOUE**..... 327

AGRICULTURE URBAINE ET GESTION DE L'ESPACE DANS LA VILLE DE N'DJAMENA (TCHAD)

**ABDEL-AZIZ Moussa Issa** ..... 346

CAUSE DES CRISES ALIMENTAIRES AU NIGER

**Mahamadou YACOUBOU**..... 360

SUIVI PAR TÉLÉDÉTECTION DU STRESS HYDRIQUE DU COTONNIER DANS LA SOUS-PRÉFECTURE DE DIANRA (NORD-CÔTE D'IVOIRE)

**Kagnatié Rahimat-Samira FOFANA<sup>1</sup>; KANGA Kouakou Hermann Michel<sup>2</sup>; Zambélé Armand TRA BI<sup>3</sup>; Joseph Jordan Harris DJOMAN<sup>4</sup>; Djénébou SOUMAHORO<sup>5</sup>**.....374

VILLES MINIÈRES AU GABON : LES CARENCES ENVIRONNEMENTALES DANS L'URBANISATION DE MOANDA

<b>Jean-Kevin Aimé TSIBA .....</b>	<b>390</b>
VARIABILITÉ CLIMATIQUE ET DYNAMIQUE DU COUVERT VÉGÉTAL DANS UN CONTEXTE SPATIAL ANTHROPISÉ : CAS DE LA PARTIE EST DU BASSIN ARACHIDIER DU DÉPARTEMENT DE THIÈS (BADT), CENTRE-OUEST DU SÉNÉGAL	
<b>Abdoulaye SOUGOU<sup>1</sup>, Amadou Tidiane DIA<sup>1</sup>, Mouhamadou Bassirou SECK<sup>1</sup>, Dame GUEYE<sup>2</sup>, Mamadou SARR<sup>3</sup> &amp; Boubou Aldiouma SY<sup>1</sup> .....</b>	<b>404</b>
IMPACTS DE LA DYNAMIQUE SPATIOTEMPORELLE DES ACTIVITÉS EXTRACTIVES DE PHOSPHATE SUR LES UNITÉS DE PAYSAGE DANS LA COMMUNE DE TAÏBA NDIAYE, OUEST DU SÉNÉGAL	
<b>Balla DIOP, Abdoulaye SOUGOU, Amadou Tidiane DIA &amp; Boubou Aldiouma SY.....</b>	<b>421</b>
LES MIGRATIONS DES ADOLESCENTS EN MILIEU RURAL BURKINABÉ : ENTRE PERCEPTION DU « CHANGEMENT CLIMATIQUE » ET STRATÉGIES D'ADAPTATION FAMILIALES	
<b>IRISSA ZIDNABA .....</b>	<b>439</b>
ESSAI D'ANALYSE PROSPECTIVE DES MUTATIONS SPATIALES SUR UN LITTORAL AFRICAÏN LE CAS DE LA COMMUNE D'AKANDA AU GABON	
<b>Arnaud MOUAMOU<sup>1</sup>, Brice D. KOUMBA MABERT<sup>1</sup>, Nicaise RABENKOGO<sup>2</sup>, Libert B. TONFACK<sup>3</sup>.....</b>	<b>453</b>

# VARIABILITÉ CLIMATIQUE ET DYNAMIQUE DU COUVERT VÉGÉTAL DANS UN CONTEXTE SPATIAL ANTHROPISE : CAS DE LA PARTIE EST DU BASSIN ARACHIDIER DU DÉPARTEMENT DE THIÈS (BADT), CENTRE-OUEST DU SÉNÉGAL

Abdoulaye SOUGOU<sup>1</sup>, Amadou Tidiane DIA<sup>1</sup>, Mouhamadou Bassirou SECK<sup>1</sup>, Dame GUEYE<sup>2</sup>, Mamadou SARR<sup>3</sup> & Boubou Aldiouma SY<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire Leïdi « Dynamiques des Territoires et Développement », Université Gaston Berger (UGB), BP 234 Saint-Louis, Sénégal.

<sup>2</sup>Laboratoire d'Électronique, Informatique, Télécommunication et Énergies Renouvelables (LEITER), Université Gaston Berger (UGB), BP 234 Saint-Louis, Sénégal.

<sup>3</sup>Laboratoire des Sciences de l'Atmosphère et des Océans, Matériaux-Énergies-Dispositifs (LSAOMED), Université Gaston Berger (UGB), BP 234 Saint-Louis, Sénégal.

Correspondance : [ablayesougou14@gmail.com](mailto:ablayesougou14@gmail.com)

## Résumé

Espace des cultures associées aux céréales, tributaire de l'activité pluviométrique au Sénégal, le bassin arachidier connaît une régression de son couvert végétal. Cette situation a des répercussions néfastes sur le potentiel agronomique des sols, eu égard aux fonctions de protection et de revitalisation qu'il remplit pour ces derniers. Le Nord du bassin, caractérisé par une croissance démographique plus élevée, est particulièrement touché. L'objectif de cet article est de quantifier la part de la variabilité climatique dans la dynamique de la superficie en hectares (ha) de la végétation entre 1986 et 2022 dans la partie Est du Bassin Arachidier du Département de Thiès (BADT), bassin arachidier Nord. Pour ce faire, deux métriques d'évaluation sont utilisées : le coefficient de détermination ( $R^2$ ) et la corrélation de Pearson ( $r$ ). Les résultats issus de ces traitements montrent que les vents et les températures influent sur la dynamique de la couverture végétale ; l'évaporation jouant un rôle de moindre importance. Cependant, les variables vents et températures, intégrées dans un modèle de régression linéaire multiple, ne parviennent pas à prédire à elles seules l'évolution des ressources ligneuses, mettant en évidence l'impact prééminent des actions anthropiques dans le système.

**Mots clés** : couvert végétal, variabilité climatique, Est du Bassin Arachidier du Département de Thiès, métriques d'évaluation, actions anthropiques.

## CLIMATE VARIABILITY AND VEGETATION COVER DYNAMICS IN AN ANTHROPIZED SPATIAL CONTEXT: CASE OF THE EASTERN PART OF THE PEANUT BASIN IN THE DEPARTMENT OF THIÈS (PBDT), CENTRAL-WEST SENEGAL

### Abstract

Space for cereal-associated crops, dependent on rainfall activity in Senegal, the peanut basin is experiencing a decline in its vegetation cover. This situation has detrimental repercussions on the agronomic potential of the soils, considering the protective and revitalizing functions they serve for the latter. The northern region of the basin, characterized by higher population growth, is particularly affected. The objective of this article is to quantify the contribution of climatic variability to the dynamics of the vegetation's surface area in hectares (ha) between 1986 and 2022 in the Eastern part of the Peanut Basin in the Department of Thiès (PBDT), northern peanut basin. To achieve this, two evaluation metrics are used: the coefficient of determination ( $R^2$ ) and Pearson's correlation ( $r$ ). The results from these treatments show that winds and temperatures influence the dynamics of vegetation cover, with evaporation playing a lesser role. However, when wind and temperature variables are incorporated into a multiple linear regression model, they alone cannot predict the evolution of woody resources, highlighting the predominant impact of anthropogenic actions in the system.

**Keywords**: vegetative cover, climatic variability, Eastern part of the Peanut Basin in the Department of Thiès, evaluation metrics, anthropogenic actions.

## Introduction

Le bassin arachidier du Sénégal, s'étendant de l'axe Tambacounda-Kaffrine-Kaolack-Fatick, dans le Sud, à celui de Louga-Diourbel-Thiès, au Nord, observe globalement une régression de son couvert végétal. Initialement, cette région, spécialisée dans la production arachidière et fortement tributaire des précipitations, intégrait l'arbre dans son système agraire. Cependant, en raison de la monoculture de l'arachide, de nombreux arbres utiles ont été dessouchés par les agriculteurs (Bakhoun, 2012, p. 12), *en sus* des autres facteurs anthropiques. Cette action humaine est particulièrement prononcée dans la partie Nord du bassin, qui connaît une croissance démographique plus importante.

Correspondant au troisième domaine de la région du Sahel, la partie Nord du bassin des arachides ou environnement agricole du Centre-ouest du Sénégal est caractérisée par une intense activité agricole, selon le Schéma National d'Aménagement du Territoire (1984) *in* IRD (1988, p. 511). Cet espace est supporté par le système dunaire ogolien mis en place durant l'épisode morphoclimatique sec ogolien : 22 000 à 12 000 ans BP<sup>13</sup>. Ce système dunaire continental a traversé un pluvial (le Tchadien) de 12 000 à 8 000 ans BP, ce qui a permis la stabilisation du matériel dunaire à travers l'évolution pédologique ayant abouti à la différenciation du sol en horizons : sols *diors* (sableux). Le Nord du bassin arachidier a donc traversé plusieurs épisodes morphoclimatiques qui se sont succédé depuis le Quaternaire inférieur et qui ont façonné l'actuel paysage, doucement vallonné (IRD, 1988, p. 512). Le type de couverture végétale qui prévaut dans le Nord du bassin des arachides est une pseudo-steppe arborée à arbustive clairsemée, se développant sur un sol sableux (poreux) ferrugineux de cet ancien erg, qui s'étend de la région du Trarza (Mauritanie) au Saloum (Sénégal).

Pas un seul reste des forêts, qui recouvraient autrefois cette région, n'a été épargné. La végétation a pris, majoritairement, un aspect de pseudo-steppe arbustive notamment sur les sols latéritiques peu profonds et de savane arborée sur toute la zone de transition sahélo-soudanienne. La pression humaine et « animale » sur ces terres marginales a entraîné une dégradation de la couverture forestière qui fut autrefois aussi dense que celle des bois et les fourrés formant la forêt classée de Thiès. Le potentiel des terres cultivables est moindre dans les régions à forte croissance démographique, comme Thiès (Badiane *et al.*, 2000, p. 21), qui fait face à une pression sur les terres cultivables et à une réduction des ressources ligneuses.

Le contexte géographique du Bassin Arachidier du Département de Thiès (BADT), bassin arachidier Nord, offre un terrain propice à l'exploration des interactions entre la variabilité climatique et la dynamique du couvert végétal. Cet espace, longtemps façonné par l'activité humaine, présente aujourd'hui des signes manifestes de changements écologiques qui nécessitent une analyse approfondie. Ainsi, cette étude se propose de répondre à la question centrale suivante : comment la variabilité climatique influe-t-elle sur la dynamique du couvert végétal dans la partie Est du BADT ?

La justification de cette recherche réside dans la nécessité pressante de comprendre les mécanismes qui sous-tendent la détérioration du couvert végétal dans un contexte anthropisé. Les objectifs de cette étude sont de caractériser la variabilité climatique dans la région et d'évaluer son impact sur la dynamique du couvert végétal, permettant, par ricochet, d'avoir un aperçu sur la part des actions anthropiques dans le système. Le postulat est le suivant : dans le temps, le facteur anthropique, à travers la ruée vers les terres agricoles avec comme corollaire l'abattage des arbres, prime sur le facteur climatique dans la régression de la couverture végétale.

Cette recherche s'inscrit dans le prolongement des travaux antérieurs (IRD, 1988 ; Faye *et al.*, 2000 ; Lenuz et Rousseau, 2004 ; Diello *et al.*, 2005 ; Diakhaté, 2007 ; Cissokho, 2011 ; Bakhoun, 2012 ; Sy, 2015 ; Sougou, 2020 ; Sougou, Seck et Sy, 2021) qui ont documenté les conséquences de la variabilité climatique sur les écosystèmes. Cependant, en se concentrant sur la partie Est du BADT, elle cherche à

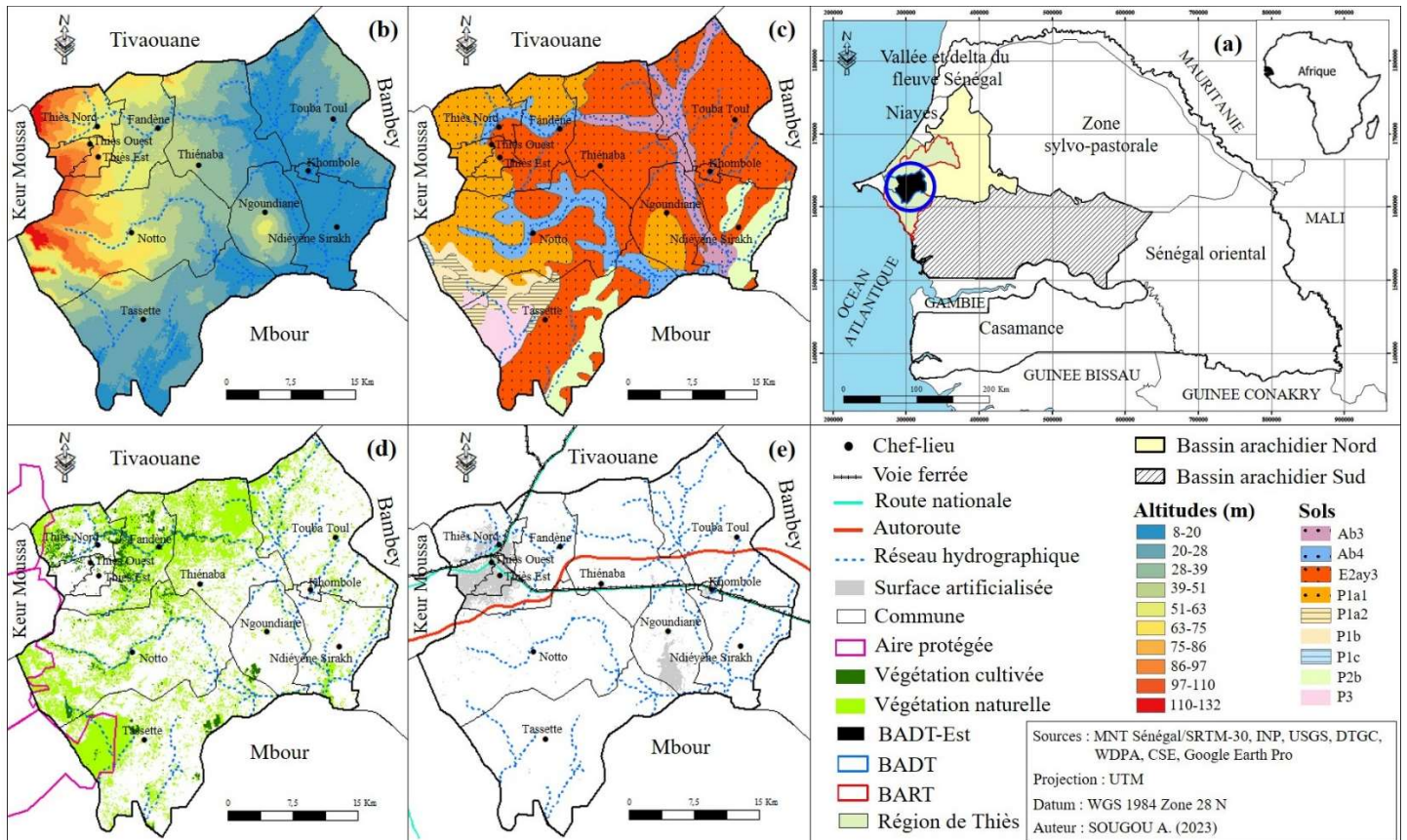
---

<sup>13</sup> BP : *Before Present*

comblent un vide de connaissance existant et à apporter une perspective régionale précieuse à la compréhension globale des interactions entre le climat et la végétation.

Le BADT-Est, espace étudié, intègre les Communes de Tassette, Notto, Ngoundiane, Ndiéyène Sirakh, Touba Toul, Khombole, Thiénaba, Fandène, Thiès Nord, Thiès Est et Thiès Ouest. La particularité de cet ensemble est la présence d'une bonne partie du plateau de Thiès qui y culmine la cuesta associée à 132 m (MNT<sup>14</sup> Sénégal/SRTM-30<sup>15</sup>). La planche 1 situe le secteur étudié dans son contexte géographique.

Planche 1 : Localisation et présentation de l'espace étudié



**Lire :** **Ab3** = sols hydromorphes sur matériau sableux ; **Ab4** = sols hydromorphes sur matériau très humifère ; **E2ay3** = sols ferrugineux tropicaux non ou peu lessivés ; **P1a1** = sols ferrugineux tropicaux rouges ou lithosols, sur cuirasse à moins d'un mètre de profondeur ; **P1a2** = sols ferrugineux tropicaux rouge bruns, sur cuirasse à plus d'un mètre de profondeur ; **P1b** = sols d'éboulis de pente, colluvium, affleurements ; **P1c** = sols hydromorphes, sur matériaux divers ; **P2b** = sols calcimorphes ou sols bruns hydromorphes, sur matériau à lits gravillonnaires ; **P3** = sols hydromorphes de profondeur, sur alluvions argilo-sableuses ; **BART** = Bassin Arachidier de la Région de Thiès ; **INP** = Institut National de Pédologie ; **USGS** = United States Geological Survey ; **DTGC** = Direction des Travaux Géographiques et Cartographiques ; **WDPa** = World Database on Protected Areas ; **CSE** = Centre de Suivi Écologique ; **UTM** = Universal Transverse Mercator ; **WGS** = World Geodetic System ; **N** = Nord

<sup>14</sup> MNT : Modèle Numérique de Terrain

<sup>15</sup> SRTM-30 : Shuttle Radar Topography Mission 30 m de résolution

Établir le degré de concordance entre l'évolution de la végétation et la mutation du facteur climatique dans le BADT-Est nécessite une démarche appropriée. Cela requiert une approche méthodologique susceptible de quantifier la dynamique de la couverture arborée à arbustive assujettie à des tests de conformité avec l'évolution climatique à l'aide de métriques (critères) d'évaluation.

## 1. Méthodologie

L'approche méthodologique cible le traitement des images satellitaires, le traitement des données climatiques et l'évaluation de la corrélation entre l'évolution du couvert végétal et la variabilité climatique.

### 1.1. Quantification de la dynamique du couvert végétal

Selon les sous-séquences décelées par la segmentation d'Hubert de la série pluviométrique entre 1980 et 2020 (figure 2) de la station de Thiès, quatre images satellitaires de génération Landsat de résolution moyenne (30 m) sont choisies et téléchargées à travers la plateforme Open Data de l'United States Geological Survey (USGS, <https://earthexplorer.usgs.gov>) : Landsat 5 Thematic Mapper (TM) 30 avril 1986<sup>16</sup> ; Landsat 5 TM 30 mars 1998 ; Landsat 5 TM 16 avril 2010 ; Landsat 8 Operational Land Image (OLI) et Thermal Infrared Sensor (TIRS) 01 avril 2022. Mars-avril (mi-saison sèche dans le contexte sahélien) est donc la phase de prise de vue pour l'ensemble des images sollicitées, mois sélectionnés pour exclure la réflectance de l'activité chlorophyllienne de la végétation herbeuse de saison des pluies. Ces dates correspondent respectivement aux épisodes 1980-1998 (plutôt sec), 2006-2014 (plutôt humide) et 2015-2020 (plutôt sec). L'année 2022 est choisie, de fait, pour la détermination des états de surface actuels et vient après une séquence qui tend plus vers la sécheresse. Les images collectées subissent une correction atmosphérique via l'outil Semi-automatic Classification Plugin (SCP) implémenté dans QGIS 3.18.3. Il s'en suit l'extraction par masque de l'espace étudié dans ArcGIS 10.8, avant de passer aux calculs d'indices de classification. Ces derniers sont : le Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), le Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI<sup>17</sup>), le Normalized Difference Water Index (NDWI) et l'Indice de Brilliance (IB). Les formules des indices de classification sont les suivantes :

$$\text{NDVI} = \frac{\text{Proche Infrarouge} - \text{Rouge}}{\text{Proche Infrarouge} + \text{Rouge}} \quad \text{Équation 1}$$

$$\text{SAVI} = \frac{(\text{Proche Infrarouge} - \text{Rouge})}{(\text{Proche Infrarouge} + \text{Rouge} + L)} \times (1 + L) \quad \text{Équation 2}$$

$$\text{NDWI} = \frac{\text{Proche Infrarouge} - \text{Moyen Infrarouge}}{\text{Proche Infrarouge} + \text{Moyen Infrarouge}} \quad \text{Équation 3}$$

<sup>16</sup> La séquence d'étude débute en 1986, car cette année correspond aux premières images Landsat de résolution moyenne (30 m) qui permettent une meilleure identification des unités d'occupation du sol. De plus, il s'agit de l'année pour laquelle le cadre étudié est couvert par une image présentant cette caractéristique depuis le plus longtemps possible.

<sup>17</sup> La valeur L est une constante, une sorte de calibration, qui permet de prendre en compte l'effet du sol sur la végétation. Elle peut varier de 0 à 1 en fonction de l'importance de la végétation. L'espace étudié, ici, coïncidant avec une savane arborée à arbustive, la valeur 0,5 est retenue.

$$IB = \sqrt{\text{Rouge} \times \text{Rouge} + \text{Proche Infrarouge} \times \text{Proche Infrarouge}} \quad \text{Équation 4}$$

Ces indices, complétés par les bandes bleue, verte et celles qui ont servi à leurs calculs, entrent en jeu pour la création d'une image composite, par le biais de l'outil Canaux Composites de ArcGis 10.8. Les compositions 1986, 1998 et 2010 sont colorées Proche infrarouge-Rouge-Vert (P-R-V). La composition 2022 est colorée Rouge-Vert-Bleu (R-V-B). Ces deux systèmes de coloration harmonisent la reconnaissance des différentes unités d'occupation du sol. La mise en évidence des principales classes d'occupation du sol guide le choix des parcelles d'entraînement ou échantillons pour la classification par Maximum de Vraisemblance en utilisant l'outil de Classification de Vraisemblance Maximale de ArcGis 10.8, après la définition d'une signature spectrale (incluant la composition colorée et les parcelles d'entraînement préalablement créées) par l'outil Créer des Signatures du même logiciel. L'image classifiée suit un processus de validation<sup>18</sup> qui passe par la détermination de l'Overall Accuracy (OA)<sup>19</sup> et du Kappa coefficient ( $\hat{K}$ )<sup>20</sup>. Les formules et désignations des critères de validation des classifications sont les suivantes :

$$OA = \frac{\sum_{i=1}^r x_{ii}}{N}$$

$x_{ii}$  = Nombre d'observations dans la ligne i et la colonne i (sur la grande Diagonale) ;  
 $N$  = Nombre total de pixels de référence. Équation 5

$$\hat{K} = \frac{N(\sum_{i=1}^r x_{ii}) - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \cdot x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \cdot x_{+i})}$$

$x_{i+}$  = Total des observations de la ligne i (indiqué comme total marginal à droite de la matrice) ;  
 $x_{+i}$  = Total des observations dans la colonne i (indiqué comme total marginal au bas de la matrice). Équation 6

Après validation des classifications, les surfaces exprimées en hectares (ha) et occupées par les différentes unités d'occupation du sol sont déterminées, en passant par la table attributaire de l'image reclassifiée et vectorisée. Ce qui permet de déceler les Taux de changement globaux (Tg) desdites unités, taux couramment utilisé dans les études sur le changement d'occupation du sol. Le Tg révèle la proportion de gain (valeur positive) ou de perte (valeur négative) des superficies des unités de paysage et répond à la formule suivante :

<sup>18</sup> Dans le cas d'espèce, les images d'archive Google Earth Pro, qui permettent de passer au peigne fin les unités d'occupation du sol, sont utilisées pour avoir des données de référence, pour les images TM 1986, TM 1998 et TM 2010 ; pour OLI-TIRS 2022, des coordonnées *in situ* sont faites recours. Pour chaque image classifiée, 50 points sont testés.

<sup>19</sup> L'Overall Accuracy (Précision Globale) permet d'apprécier la précision des pixels classés par rapport au nombre total des pixels des zones test ; ceux-ci sont des données de validation, qui sont confrontées à la classification. Elle est comprise entre 0 et 100 %. Les images satellitaires classifiées présentent des Précisions Globales respectives de 94 %, 92 %, 84 % et 84 %.

<sup>20</sup> Le Kappa coefficient (coefficient de Kappa) permet d'évaluer également la fiabilité des résultats de la classification, par rapport aux données de référence. Il est compris entre 0 et 1. Les cartes d'occupation du sol révèlent respectivement des Kappa de 0,91, 0,89, 0,78 et 0,77.



$$Tg (\%) = \frac{S2 - S1}{S1} \times 100 \quad \text{Équation 7}$$

S2 = Superficie de l'année d'arrivée ;

S1 = Superficie de l'année de départ.

À la suite de ce processus, allant du choix des images satellitales à la quantification des unités de paysage, la dynamique de la surface de la végétation naturelle et de la végétation cultivée est corrélée avec la variabilité climatique, après la caractérisation de celle-ci.

## 1.2. Traitement des données climatiques

Les données climatiques de la station de Thiès concernent la pluviométrie, les températures, l'évaporation, l'insolation, l'humidité et les vitesses des vents. Ces données sont obtenues auprès de l'Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie (ANACIM) et partent de 1980 à 2020, soit un pas de temps de 41 ans. De leur traitement, l'Indice de sécheresse Standardisé des Précipitations (Standardized Precipitation Index, SPI) et l'Indice d'aridité de De Martonne (IDM) sont décelés. La sécheresse et l'aridité sont convoquées pour apprécier leur impact sur l'évolution du couvert végétal, car elles prennent en compte respectivement une et deux variables climatiques. Les formules, désignations et classifications du SPI et de l'IDM sont les suivantes :

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

Xi = Cumul de la pluie pour une année i ;  
Xm = Moyenne annuelle des pluies selon la séquence donnée ;  
Si = Écart-type des cumuls pluviométriques annuels sur la même séquence.

SPI < 2 (Humidité extrême) ;  
1 < SPI < 2 (Humidité forte) ;  
0 < SPI < 1 (Humidité modérée) ;  
-1 < SPI < 0 (Sécheresse modérée) ;  
-2 < SPI < -1 (Sécheresse forte) ;  
SPI < -2 (Sécheresse extrême).

Équation  
8

$$IDM = \frac{P \text{ (mm)}}{T^{\circ}\text{C} + 10}$$

P (mm) = Précipitations totales annuelles ;  
T°C = Température moyenne annuelle.

I < 5 (Hyper aridité) ;  
5 < I < 10 (Désertique ou aride) ;  
10 < I < 20 (Semi-aride) ;  
20 < I < 50 (Froid tempéré ou tropical) ;  
I > 50 (Climat équatorial et montagnard).

Équation  
9

Les moyennes arithmétiques des valeurs des variables climatiques (indices et paramètres) sont calculées au moyen du logiciel Excel, en suivant les intervalles correspondant aux différentes phases d'évolution de l'occupation du sol, qui sont basées sur la segmentation des données pluviométriques selon la méthode d'Hubert P. et *al.* développée en 1989, comme illustré dans la figure 2. Cette méthode consiste à diviser la série de données en plusieurs segments de manière à ce que la moyenne de chaque segment soit significativement différente de celle des segments voisins par application du test de Scheffé qui repose sur le concept de contraste (Dagnélie, 1973 *in* Bodian, 2011, p. 78). Les auteurs de cette méthode considèrent qu'elle est similaire à un test de stationnarité. Si la procédure ne parvient pas à produire une segmentation acceptable, composée d'au moins deux segments, alors l'hypothèse nulle de stationnarité est acceptée.

Chronologiquement, la méthode de segmentation d'Hubert est utilisée dans de nombreuses études, notamment par Hubert P. et Bendjoudi H. (1996) in Faye B. (2017, p. 38), Hubert P. et al. (1998, p. 271), Hubert P., Bader J. C. et Bendjoudi H. (2007, p. 70), Bodian A. (2011, p. 77), Bodian A. (2014, p. 302), entre autres. Les données climatiques ainsi traitées permettent d'expliquer le mode d'évolution du couvert végétal dans le BADT-Est selon des critères d'évaluation spécifiés.

### 1.3. Métriques d'évaluation de la corrélation entre dynamique du couvert végétal et variabilité climatique

À ce niveau, les traitements se font à travers l'application Jupyter Notebook, qui prend en charge plusieurs langages de programmation informatique. Les données sont manipulées à l'aide de la bibliothèque Pandas de Python, qui est intégrée dans cette application.

Les critères d'évaluation de la corrélation entre la dynamique du couvert végétal et la variabilité climatique comprennent, en premier lieu, la corrélation de Pearson ( $r$ ) et le coefficient de détermination ( $R^2$ ). Ce dernier est calculé à partir des modèles de régression linéaire simple ( $Y$ ) établis entre la superficie en hectares (ha) de la végétation et les paramètres/indices climatiques. Il est utilisé en complément de la corrélation de Pearson, car seul, il ne permet pas de prédire l'évolution de la végétation (tableaux 1 et 2). Les formules pour calculer  $r$ ,  $Y$  et le  $R^2$  associé sont les suivantes :

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}}$$

$n$  = nombre d'observations ;

$X_i$  et  $Y_i$  = valeurs des observations pour les variables  $X$  et  $Y$  ;

$\bar{X}$  et  $\bar{Y}$  = moyennes des valeurs respectives de  $X$  et  $Y$  sur les  $n$  observations.

Équation 10

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon$$

$Y$  = variable dépendante que l'on cherche à prédire ;  
 $X$  = variable indépendante qui est utilisée pour prédire  $Y$  ;  
 $\beta_0$  = ordonnée à l'origine (l'intercept) de la droite de régression ;  
 $\beta_1$  = pente de la droite de régression, qui représente le changement moyen dans  $Y$  pour un changement unitaire dans  $X$  ;  
 $\varepsilon$  = erreur résiduelle, différence entre les valeurs prédites par le modèle et les valeurs réelles observées.

Équation 11

$$R^2 = \frac{SSR}{SST}$$

$SSR$  (Somme des carrés des résidus) = somme des carrés des écarts entre les valeurs prédites par le modèle de régression linéaire et les valeurs observées dans un ensemble de données ; en d'autres termes, c'est la somme des carrés des erreurs de prédiction ;  
 $SST$  (Somme totale des carrés) = somme des carrés des écarts entre les valeurs observées et la moyenne des valeurs observées dans l'ensemble de données ; autrement dit, c'est la somme des carrés totaux.

Équation 12

En second lieu, se basant sur les résultats de ces tests de corrélation, un modèle de régression linéaire multiple ( $Y$ ) entre variable dépendante (végétation) et variables indépendantes (paramètres/indices climatiques influents) est mis en place. En d'autres termes, seules les variables fortement corrélées à la variable dépendante sont incluses dans le modèle. Ce dernier s'écrit :

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p + \varepsilon$$

$Y$  = variable dépendante que l'on cherche à prédire ;  
 $X_1, X_2, \dots, X_p$  = variables indépendantes ;  
 $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$  = coefficients de régression, qui mesurent l'effet de chaque variable indépendante sur la variable dépendante ;  
 $\varepsilon$  = erreur résiduelle, c'est-à-dire la différence entre les valeurs prédites par le modèle et les valeurs réelles observées.

Équation 13

Des critères liés au modèle de régression linéaire multiple évaluent la pertinence de celui-ci dans la détermination du mode d'évolution du couvert végétal. Il s'agit du  $R^2$ , du  $R^2$  ajusté ( $Adj. R^2$ ), de la statistique F ( $F$ ), de la probabilité associée à la statistique F ( $Prob(F\text{-statistic})$ ) et de la p-value associée au coefficient de régression ( $P > |t|$ ). Les formules et désignations des métriques associées au modèle de régression linéaire multiple sont les suivantes :

$$R^2 = \frac{SSR}{SST}$$

$SSR$  (Sum of Squares of Regression) = somme des carrés de la variation expliquée par le modèle, somme des carrés des écarts entre les valeurs prédites par le modèle et la moyenne de la variable dépendante (la somme des carrés des résidus) ;  
 $SST$  (Total Sum of Squares) = somme des carrés de la variation totale des données, somme des carrés des écarts entre chaque valeur de la variable dépendante et la moyenne de la variable dépendante.

Équation 14

$$Adj. R^2 = \left( \frac{(1 - R^2)(n - 1)}{n - k - 1} \right)$$

$n$  = nombre d'observations dans l'échantillon ;  
 $k$  = nombre de variables indépendantes (prédicteurs) dans le modèle.

Équation 15

$$F = \frac{(SSR/p)}{(SSE/(n - p - 1))}$$

$p$  = nombre de variables indépendantes (prédicteurs) dans le modèle ;  
 $SSE$  (Sum of Squares of Error) = somme des carrés de la variation résiduelle (non expliquée) dans le modèle.

Équation 16

$$Prob(F - statistic) = P(F \geq F_{observed})$$

$F_{\text{observed}}$  = statistique F observée dans le modèle.

Équation 17

$$P > |t| = Prob(|t| \geq |t_{observed}|)$$

$|t|$  = valeur absolue de la statistique  $t$  associée au coefficient ;  
 $|t_{\text{observed}}|$  = valeur absolue de la statistique  $t$  observée pour le coefficient dans le modèle.

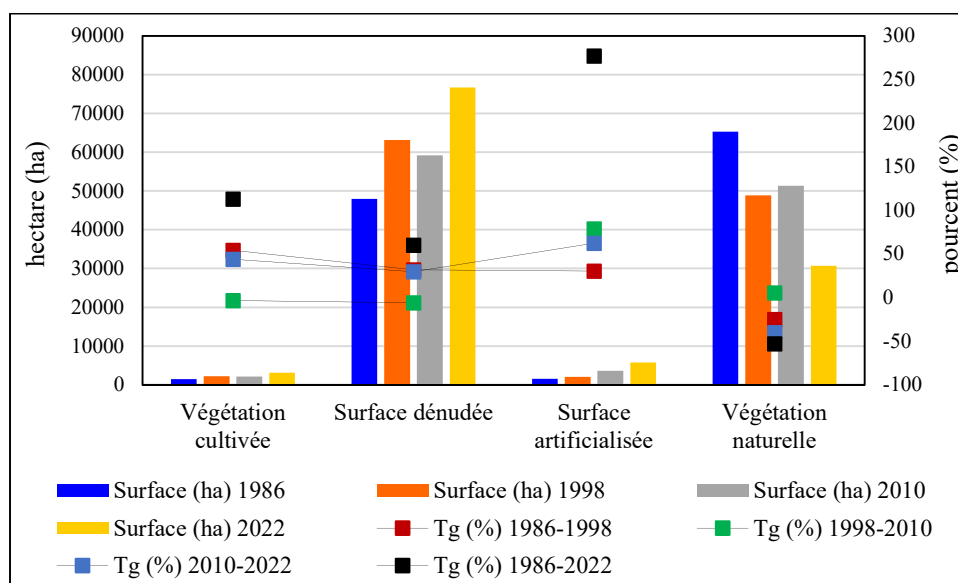
Équation 18

Cette approche méthodologique a permis de produire des résultats significatifs dans le contexte du Bassin Arachidier du Département de Thiès Est (BADT-Est), quant aux tests de similitude entre dynamique du couvert végétal et variabilité climatique.

## 2. Résultats obtenus

La figure 1 révèle, statistiquement, les dynamiques des classes d'occupation du sol de l'espace d'étude de 1986 à 2022, permettant de saisir l'évolution en hectares (ha) de la végétation (naturelle et cultivée).

**Figure 1 : Évolution (ha) des unités de paysage de 1986 à 2022**

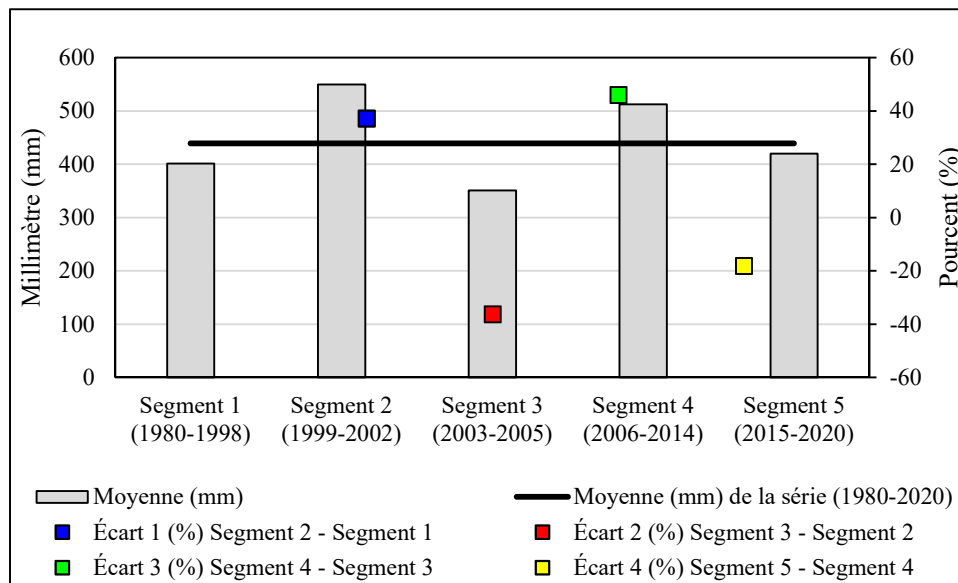


Sources : Images satellitaires Landsat TM et OLI-TIRS (traitement des auteurs)

La figure 1 illustre la dégradation du couvert végétal dans le milieu étudié. La végétation naturelle, couvrant 65 348 ha (56,21 %) en 1986 et 48 868,86 ha (42,04 %) en 1998, affiche une diminution de 16 478,74 ha, soit un taux de changement de -25,22 % entre 1986 et 1998. En 2010, cette superficie passe à 51 344,65 ha (44,17 %), indiquant une légère régénération de 2 475,79 ha, soit un taux de variation de 5,07 %. En 2022, cette même catégorie de terres n'occupe plus que 26,39 % (30 674,23 ha), montrant une régression de 40,25 %. Dans l'ensemble, la savane arborée à arbustive ainsi que la bande forestière associées de la partie Est du BADT révèlent une régression de 53,05 % (34 668,79 ha) sur la séquence 1986-2022.

En ce qui concerne la végétation cultivée, elle enregistre une croissance de 112,97 % sur le pas de temps 1986-2022, soit des taux d'occupation du sol de 1,24 % (1444,3 ha) en 1986 et 2,65 % (3076,52 ha) en 2022. Sur les sous-intervalles 1986-1998, 1998-2010 et 2010-2022, elle comptabilise des taux d'évolution respectifs de 54,02 %, -3,74 % et 43,65 %. Cette dynamique de la végétation naturelle et cultivée est-elle le corollaire de l'évolution climatique basée sur la segmentation de la série pluviométrique 1980-2020 de la station de Thiès ? La figure 2 souligne la segmentation de la série pluviométrique de la séquence 1980-2020 de la station de Thiès selon la méthode d'Hubert.

Figure 2 : Segmentation de la série pluviométrique 1980-2020, station de Thiès



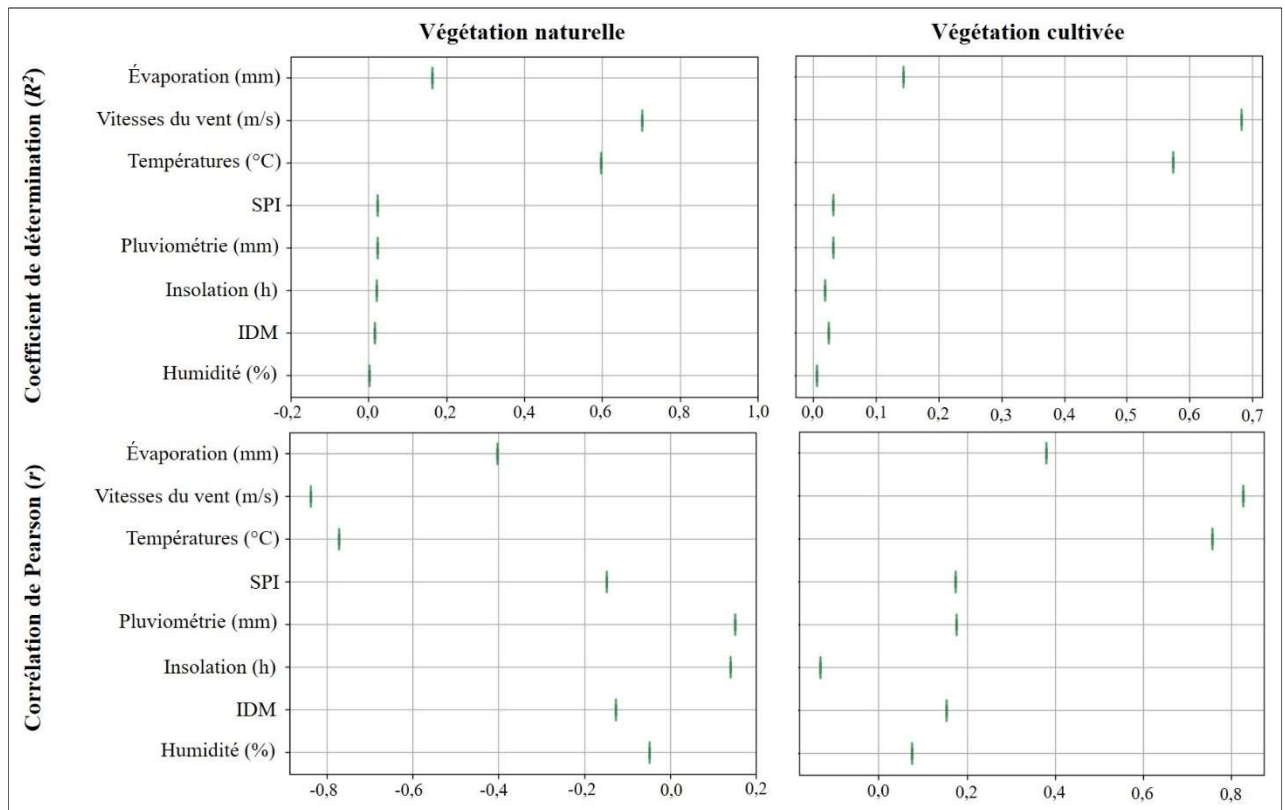
Source : ANACIM, traitement des auteurs

La segmentation de la série chronologique pluviométrique de 1980 à 2020, enregistrée à la station de Thiès, conduit à la formation de cinq sous-ensembles distincts en raison de leurs moyennes respectives. Il est essentiel de noter que les précipitations jouent un rôle fondamental dans le cycle de vie des végétaux, et leur intégration est donc cruciale lors de l'analyse de la dynamique de la superficie qu'ils occupent.

La méthode de segmentation selon Hubert met en évidence deux sous-ensembles avec des excédents pluviométriques de 37,1 % et 46,05 % (entre 1999-2002 et 1980-1998, ainsi qu'entre 2006-2014 et 2003-2005), tandis que les deux autres présentent des déficits de l'ordre de 36,22 % et 18,03 % (entre 2003-2005 et 1999-2002, ainsi qu'entre 2015-2020 et 2006-2014). Cette segmentation révèle une variation pluviométrique en dents de scie, avec trois segments sur cinq (1980-1998, 2003-2005 et 2015-2020) comptabilisant des précipitations inférieures à la moyenne.

Sur la base de ce morcellement, les intervalles temporels qui séparent les différentes séquences de l'évolution de l'occupation du sol sont identifiés, faut-il le rappeler. Par conséquent, les moyennes des paramètres/indices climatiques sur ces mêmes phases sont spécifiquement corrélées avec les variations de la superficie végétale. La figure 3 présente les coefficients de détermination ( $R^2$ ) et les corrélations de Pearson ( $r$ ) établis entre la dynamique de la superficie (ha) de la végétation et la variabilité climatique.

**Figure 3 : Coefficient de détermination ( $R^2$ ) et corrélation de Pearson ( $r$ ) entre végétation (ha) et variables climatiques**



Sources : ANACIM, images satellitaires Landsat TM et OLI-TIRS (traitement des auteurs)

Les métriques utilisées sont le coefficient de détermination ( $R^2$ ) et la corrélation de Pearson ( $r$ ), faut-il le rappeler. La première indique la proportion de variance dans une variable expliquée (végétation naturelle ou végétation cultivée) par une autre (paramètre ou indice climatique). Le coefficient varie entre 0 et 1. Plus  $R^2$  est proche de 1, plus la variable dépendante est expliquée par la variable indépendante. La seconde mesure la corrélation linéaire entre deux variables continues de mêmes natures que celles évoquées précédemment dans le cas de cette étude. Elle varie de -1 (corrélation négative parfaite) à 1 (corrélation positive parfaite) avec 0 faisant référence à l'absence de corrélation linéaire.

Dans le cas de la végétation naturelle, les variables pluviométrie, insolation, humidité, SPI et IDM n'expliquent pas la dynamique de sa superficie. Lesdites variables enregistrent des  $R^2$  allant de 0,002 à 0,023 et des  $r$  allant de -0,148 à 0,151. Excepté l'évaporation qui justifie modérément le mode d'évolution du couvert végétal naturel avec un  $R^2$  de 0,163 et une  $r$  de -0,404, seules les vitesses du vent et les températures parviennent à expliquer les modifications dans la végétation naturelle. Les vitesses du vent se caractérisent par un  $R^2$  de 0,703 et une  $r$  de -0,838 ; les températures observent un  $R^2$  de 0,597 et une  $r$  de -0,772.

Les tests corrélatifs entre végétation cultivée et variables climatiques suivent le même rythme que ceux concernant la végétation naturelle. La différence se trouve au fait qu'on a ici une corrélation positive qui tend au parfait entre les paramètres influents (vitesses du vent et températures) et la variable expliquée. Cette fois-ci, ces variables explicatives se caractérisent respectivement par des  $r$  de 0,826 et 0,756. C'est dire que quand celles-ci augmentent, la quantité de végétation cultivée a tendance à augmenter également, et vice versa. Cette réponse divergente entre la végétation naturelle et la végétation cultivée indique que l'émergence de la seconde compense la régression de la première. Les vitesses du vent et les températures associées expliquent-elles la dynamique de la végétation ? Les tableaux 1 et 2 dégagent les résultats des modèles de régression linéaire multiple entre la dynamique de la végétation (naturelle et cultivée) et la variabilité climatique.

**Tableau 1 : Résultats du modèle de régression linéaire multiple entre la dynamique de la végétation naturelle et la variabilité climatique**

$R^2$	$Adj. R^2$	$F$	$Prob (F-statistic)$	$P >  t $ vitesses du vent (m/s)	$P >  t $ températures (°C)
0,721	0,163	1,291	0,528	0,625	0,842

Sources : ANACIM, images satellitaires Landsat TM et OLI-TIRS (traitement des auteurs)

L'ajustement du modèle indique comme  $R^2 = 0,721$ , ce qui signifie que le modèle explique environ 72,1 % de la variance dans la variable dépendante (végétation naturelle). C'est généralement une indication raisonnable de l'ajustement du modèle. Cependant, on note 0,163 comme  $R^2$  ajusté, ce qui est considérablement plus bas que le  $R^2$ , traduisant que les variables indépendantes actuelles ne contribuent que très peu à la prédiction de la végétation naturelle. Le test  $F$  évalue si l'ensemble du modèle est significativement différent d'un modèle sans variables indépendantes (intercept seulement). Ici, le  $F$ - $statistic$  est de 1,291 avec une  $p$ -value ( $Prob (F-statistic)$ ) de 0,528. La  $p$ -value élevée suggère que le modèle global n'est pas statistiquement significatif, ce qui signifie que l'ensemble du modèle pourrait ne pas être nécessaire pour expliquer les variations dans la végétation naturelle. Les coefficients des variables indépendantes (vitesses du vent et températures) sont suivis de leurs  $p$ -values. Les  $p$ -values élevées (0,625 pour les vitesses du vent et 0,842 pour les températures) suggèrent que ces coefficients

ne sont pas statistiquement significatifs. Cela signifie que ni la vitesse du vent ni la température n'ont un effet significatif sur la végétation naturelle dans ce modèle.

Globalement, les résultats de cette régression linéaire multiple suggèrent que le modèle actuel n'explique que partiellement la variation de la végétation naturelle, et les variables indépendantes actuelles ne sont pas statistiquement significatives pour prédire la végétation naturelle. Qu'est-ce qu'il en est de la végétation cultivée ? Le tableau 2 présente les résultats issus de la régression linéaire multiple entre la dynamique de la surface de la végétation cultivée et la variabilité climatique.

**Tableau 2 : Résultats du modèle de régression linéaire multiple entre la dynamique de la végétation cultivée et la variabilité climatique**

$R^2$	$Adj. R^2$	$F$	$Prob (F-statistic)$	$P >  t $ vitesses du vent (m/s)	$P >  t $ températures (°C)
0,697	0,092	1,152	0,55	0,636	0,859

Sources : ANACIM, images satellitaires Landsat TM et OLI-TIRS (traitement des auteurs)

Un  $R^2$  de 0,697 ajuste le modèle, expliquant environ 69,7 % de la variance dans la variable dépendante (végétation cultivée) : c'est une indication décente de l'ajustement du modèle. Toutefois, le  $R^2$  ajusté de 0,092, est considérablement plus bas que le  $R^2$ , renseignant que les variables indépendantes actuelles ne contribuent que très peu à la prédiction de la végétation cultivée. Le  $F$ -statistic de 1,152 avec une p-value de 0,55 suggère que le modèle global n'est pas statistiquement significatif, ce qui signifie que l'ensemble du modèle pourrait ne pas être nécessaire pour expliquer les variations dans la végétation cultivée. Les  $p$ -values respectives de 0,636 et 0,859 pour les vitesses du vent et les températures indiquent que ces coefficients ne sont pas statistiquement significatifs. Cela signifie que ni les vitesses du vent ni les températures n'ont un effet significatif sur la végétation cultivée dans ce modèle.

Au total, pour la végétation naturelle comme pour la végétation cultivée, les modèles de régression multiple, intégrant les quelques variables climatiques influentes préalablement testées, décèlent que celles-ci n'expliquent suffisamment ou n'expliquent que très peu la dynamique de la végétation. Cela prouve que dans le milieu étudié, l'Est du Bassin Arachidier du Département de Thiès, l'action anthropique est le déterminant majeur de l'évolution du couvert végétal.

### 3. Discussion des résultats obtenus

Si les intervalles de temps sélectionnés pour examiner de manière diachronique les évolutions temporelles de la couverture végétale dans les régions sahéennes et sahélo-soudaniennes diffèrent, les analyses réalisées par certains auteurs concernant les actions anthropiques et les conditions physiques qui les définissent semblent être en contradiction avec les résultats de cet article à propos des degrés d'intervention respectifs de ces facteurs dans le système.

A l'instar de la segmentation de la série pluviométrique 1980-2020 de la station de Thiès (figure 2), Lenuz I. et Rousseau M. (2004, p. 10) et Cissokho R. (2011, p. 67) confirment une mutation des conditions climatiques à travers une évolution instable de l'activité pluviométrique de 1931 à 1991 dans la même région. Au cours de la décennie 1981-1991, la moyenne des pluies annuelles dans la région de Thiès gravitait autour de 400 mm, alors qu'elle se situait régressivement aux environs de 630 mm entre 1931 et 1971 et 420 mm sur le pas de temps 1972-1980 (Lenuz et Rousseau, 2004, p. 10). Cissokho R. (2011, p. 67), lui, décèle, dans un contexte un peu plus large du bassin arachidier du Sénégal, une sous-



série sèche entre 1987 et 2000 (correspondant à notre segment 1980-1998) moins prononcée que celle de 1970-1986.

Fort de cela, Diello P. et *al.* (2005, p. 12) font savoir qu' :

« En zone sahélienne et soudano-sahélienne, la pluie est le principal facteur limitant pour les plantes. La végétation reverdit systématiquement à chaque regain d'activité de la mousson avec des pluies à fort pouvoir d'humectation du sol. Inversement, l'état de la végétation se dégrade rapidement pendant les périodes sans pluies. Ce sont ces variations dans le régime des pluies qui sont reproduites par le NDVI. Plus le régime est irrégulier au cours de l'année, plus l'évolution des indices de végétation est irrégulière ».

Affirmation à relativiser, ou n'est valable seulement par endroits, voire possible lorsque les actions anthropiques ne l'emportent pas sur les contraintes physiques. Pour ce qui est de notre espace d'étude, le BADT-Est, l'évolution climatique mise en relation avec celle de la superficie du couvert végétal n'implique pas l'influence directe de la pluviométrie (figure 3). Les seules variables climatiques qui ressortent comme significatives selon les métriques d'évaluation (le coefficient de détermination  $R^2$  et la corrélation de Pearson  $r$ ), par ordre d'importance, sont les vitesses du vent, les températures, et dans une moindre mesure, l'évaporation, qui a un impact limité sur le système (tableaux 1 et 2).

S'agissant des températures, leurs effets limitatifs sur la croissance végétale sont mis en exergue par Sy B. A. (2015, p. 60). L'auteur rappelle le fait que la température est l'un des facteurs environnementaux qui agit sur la vitesse de croissance et sur le développement des plantes, selon que les températures soient inférieures ou supérieures. Il précise ensuite que pour le cas des espaces marqués par un déficit et/ou une variabilité pluviométrique permanente (cas de l'objet d'étude), les températures élevées prélèvent l'essentiel de l'eau avant qu'elle ne puisse être utilisée par les plantes. Fait appuyé par Diakhaté M. M. (2007, p. 26) dans une étude centrée sur la forêt classée de Thiès, délimitation contiguë à celle étudiée ici, correspondant à la limite Ouest du BADT-Est, la Commune de Keur Moussa (planche 1). Selon lui, deux ordres de facteurs doivent être convoqués pour expliquer l'évolution régressive du couvert végétal entre 1978 et 1989 : naturels et anthropiques. L'auteur lie la régression à l'exacerbation des facteurs naturels et anthropiques à l'épreuve de la péjoration climatique. Il avance que la température, par ses excès et ses écarts, limite la croissance des plantes : des températures excédant 30°C tous les jours de l'année pendant plusieurs mois, entraînant une réduction de la vie biologique et microbiologique dans le sol. L'évaporation qui s'ensuit crée les conditions d'une érosion hydrique.

L'érosion hydrique participe au dessouchement des espèces arborescentes procédant au travail de l'eau de ruissellement. De cette manifestation découle une destruction partielle du complexe argilo-humique contenant les éléments nutritifs fondamentaux pour la croissance des végétaux. La perte de substance par érosion hydrique sélective et par minéralisation des colloïdes organiques est, par ses effets induits, un facteur pernicieux de la régression de la végétation : en effet, la différence d'un simple appauvrissement minéral compensable par fertilisation, il s'agit d'une réduction liée à la disparition d'un minéral : argile, humus, etc.

La longue saison sèche caractérisée par un étalement progressif des aires dénudées prépare celles-ci à l'érosion éolienne des sols, limitant les conditions de la croissance végétale du fait des pertes importantes de matériels fertilisants. En effet, l'action du vent imprime au milieu biophysique de nouveaux caractères. Sur les espaces dénudés dans les secteurs de prélèvement, l'action du vent se caractérise par la formation d'un profil accidenté au sol. D'ailleurs, sur ces mêmes surfaces, la disparition des éléments fins du sol (limons et matières organiques) participe à son appauvrissement à cause de la diminution mécanique de l'azote, de la potasse et de l'acide phosphorique.

Quant aux facteurs anthropiques, Diakhaté M. M. (2007, p. 27) liste : l'abattage des arbres pour des besoins énergétiques, surtout concernant l'espèce *Acacia albida*, plus représentative dans notre secteur d'étude ; l'émondage pour les besoins de l'activité pastorale ; l'utilisation des arbres dans la construction de l'habitat naturel ; la cueillette pour l'alimentation et l'utilisation des feuilles, écorces, racines, ... des plantes à des fins pharmaceutiques ; les feux de forêt qui deviennent de plus en plus rares. La plupart de ces causes sont attestées par Sougou A. (2020, p. 53) dans un territoire voisin de celui étudié ici, la Commune de Séssène, département de Mbour, région de Thiès. Ce travail met en évidence que :

« L'expansion des surfaces emblavées et les coupes de bois incontrôlées sont les principaux facteurs anthropiques mentionnés par les enquêtés, occupant respectivement des fréquences de 18 et 16, soit 52,94 % et 47,06 % de l'ensemble de l'échantillon. Il s'en suit l'émergence de l'activité pastorale, qui représente un pourcentage de 20,59. De plus, il ne faut pas négliger les besoins en espaces habitables (14,71 %) où le bois joue un rôle crucial dans la construction. En ce qui concerne les feux de forêt, seuls 3 enquêtés les ont signalés (8,82 %) ».

A ces facteurs anthropiques énumérés par Diakhaté M. M. (2007, p. 27), nous rajoutons, dans le contexte du BADT-Est, le plus important : le dessouchement des espèces végétales pour les besoins de l'activité agricole. En réalité, le bassin arachidier Nord est marqué par une très forte croissance démographique ; le complexe sableux, majoritaire, étant propice à la culture arachidière et céréalière, fait l'objet d'une ruée : action néfaste aux formations végétales. Dans la région de Thyssé Kaymor (bassin arachidier soudano-sahélien), par exemple, les défrichements représentent environ de 30 à 45 % de la surface du territoire en 10 ans ; les forêts claires et savanes boisées, qui représentaient 15 % du secteur en 1972, n'en constituaient que 5 % en 2000 (Faye et *al.*, 2000, p. 451). Cette dégradation du couvert végétal est accompagnée d'une érosion intense des sols agricoles ; la conséquence immédiate est une diminution de la productivité végétale et des cultures annuelles, suite à la baisse de fertilité physico-chimique et biologique des sols, confirmant les propos de Diakhaté M. M. (2007, p. 26).

Ainsi, depuis les années 1970, un processus de dégradation généralisée caractérise les écosystèmes sahéliens et sahélo-soudaniens, aggravé par des contextes pédoclimatiques et socio-économiques défavorables. Cette dégradation se manifeste par une diminution importante des formations végétales, une raréfaction, voire une disparition, des espèces ligneuses et le remplacement progressif des graminées pérennes par des annuelles à cycle très court (Faye et *al.*, 2000, p. 451).

Les sécheresses successives enregistrées dans le Nord du bassin arachidier du Sénégal ont eu de lourdes conséquences. Elles ont à la fois provoqué la disparition de la végétation par déficit hydrique et corroboré les agressions humaines sur les ressources forestières, en empêchant toute possibilité de régénération des espèces (Lenuz et Rousseau, 2004, p. 14). Et donc, toutes les espèces naturelles du milieu ont subi, à des degrés divers, le choc des sécheresses répétitives. Elles ont, alors, soit diminué en nombre et restreint leur distribution spatiale, soit disparu totalement.

Toutefois, à l'approche des années 2000, comme l'atteste le segment 1999-2002 (figure 2), l'ensemble des zones éco-géographiques et/ou biogéographiques du Sénégal avait commencé à constater un regain de l'activité pluviométrique, s'accompagnant même d'inondations durant les années 1999, 2000, 2001 (Sène et Ozer, 2002, p. 29). Cela continue jusqu'en 2014, quand bien même en dents de scie, coïncidant avec une légère régénération de 5,07 % de la végétation naturelle dans le BADT-Est entre 1998 et 2010 (figure 1).

Par la suite, Sougou A., Seck M. B. et Sy B. A. (2021, p. 37), intervenant dans le même espace que Sougou A. (2020, p. 53), indiquent une évolution instable de l'Indice d'aridité de De Martonne (IDM). La recherche ressort un indice de 7 (aride) en 2018, coïncidant avec un indice de végétation normalisé

(NDVI) qui passe de dense (élevé) à épars (très faible) entre 1994 et 2018. Ce présent papier établit, ainsi, la connaissance de la dynamique de la végétation en lien avec la variabilité climatique dans le BADT-Est, et s'inscrit en droite ligne avec les résultats précédents quant à l'évolution (ha) du couvert végétal de 2010 à 2022.

## Conclusion

Le système morphogénique en cours dans la partie Est du Bassin Arachidier du Département de Thiès est principalement d'origine anthropique, ce qui renforce l'idée de l'ère anthropogénique actuelle. La variabilité climatique, du moins récemment, y a peu d'influence sur la dynamique du couvert végétal, alors que celui-ci joue un rôle essentiel dans la régulation microbiologique du sol et dans la réduction de l'efficacité des érosions dues à l'impact des gouttes de pluie et des vents violents. Cette situation souligne l'importance de quantifier de manière spatialisée et prospective les ressources ligneuses afin de mieux anticiper les pertes de fertilité associées à ce système, essentiellement mécanique.

## Références bibliographiques

- BADIANE Aminata Niane, DIAGNE Madiagne, FALL Abdou, FAYE Adama, KÉBÉ Moustapha, KHOUMA Mamadou et SÈNE Modou, 2000, *Gestion et transformation de la matière organique : synthèse des travaux de recherches menés au Sénégal depuis 1945*, ISRA, Institut du Sahel, CTA, Unival ISRA, 131 p.
- BAKHOUM Charles, 2012, *Diversité et capacités de régénération naturelle du peuplement ligneux dans les systèmes agraires du bassin arachidier en zone soudano-sahélienne (région de Kafrine, Sénégal)*, Thèse de doctorat de Géographie de l'Université Cheikh Anta Diop (UCAD) de Dakar, 151 p. et annexes.
- BODIAN Ansoumana, 2011, *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 (UCAD) de Dakar, 288 p. et annexes.
- BODIAN Ansoumana, 2014, « Caractérisation de la variabilité temporelle récente des précipitations annuelles au Sénégal (Afrique de l'ouest) », in *Physio-Géo*, Volume 8, pp. 297-312.
- CISSOKHO Robert, 2011, *Développement d'un indice de vulnérabilité à l'érosion éolienne à partir d'images satellitales, dans le bassin arachidier du Sénégal : cas de la région de Thiès*, Thèse de doctorat de la Faculté des Arts et Sciences (Géographie) de l'Université de Montréal, 275 p. et annexes.
- DAGNÉLIE Pierre, 1973, *Théorie et Méthodes Statistiques : applications agronomiques*, Les Presses Agronomiques de Gembloux, Vol. 1, 378 p.
- DIAKHATÉ Mouhamadou Mawloud, 2007, « Inventaire floristique de la forêt classée de Thiès et suivi de l'évolution d'un écosystème fragile : photo-interprétation pré assistée et monitoring *in situ* », in *Revue de Géographie de Saint-Louis*, n° 6, pp. 11-29.
- DIELLO Pierre, MAHE Gil, PATUREL Jean-Emmanuel, DEZETTER Alain, DECLAUX François, SERVAT Eric et OUATTARA Frédéric, 2005, « Relations indices de végétation-pluie au Burkina Faso : cas du bassin versant de Nakambé », in *Hydrological Sciences Journal*, n°50, Vol. 2, pp. 207-221.
- FAYE Elhadji, DIATTA Malaïny, MASSE Dominique et CHOTTE Jean-Luc, 2000, « Le bois et la gestion des jachères soudaniennes du bassin arachidier au Sénégal », in Floret C. et Pontanier R. (dir.), *La jachère en Afrique tropicale*, Paris, pp. 451-459.
- HUBERT Pierre, BADER Jean-Claude et BENDJOUDI Hocine, 2007, « Un siècle de débits annuels du fleuve Sénégal », in *Hydrological Sciences Journal*, pp. 68-73.

- HUBERT Pierre et BENDJOUDI Hocine, 1996, « Introduction à l'étude des longues séries pluviométriques », XII<sup>e</sup> journées hydrologiques de l'ORSTOM, in *IAHS Publ.*, n° 278, pp. 229-235.
- HUBERT Pierre, CARBONNEL Jean Pierre et CHAOUICHE Ali, 1989, « Segmentation des séries hydrométéorologiques : application à des séries de précipitations et de débits de l'Afrique de l'Ouest », in *Journal of Hydrology*, n° 3-4, vol. 110, pp. 349-367.
- HUBERT Pierre, SERVAT Eric, PATUREL Jean-Emmanuel, KOUAME Brou, BENDJOUDI Hocine, CARBONNEL Jean Pierre et NIEL Hélène Lubes, 1998, « La procédure de segmentation, dix ans après », *Water Ressources Variability in Africa during the XXth Century* (Proceedings of the Abidjan'98 Conference held at Abidjan, Côte d'Ivoire), n° 252, November 1998, in *IAHS Publ.*, pp. 267-273.
- Institut de Recherche pour le Développement, 1988, *Cartographie et télédétection des ressources de la République du Sénégal : étude de la géologie, de l'hydrologie, des sols, de la végétation et des potentiels d'utilisation des sols*, CRDO-Dakar n°5873 cot cold STA, 653 p.
- LENUZ Isabelle et ROUSSEAU Mélanie, 2004, *Stratégie d'adaptation sociale et technique pour faire face à la crise agricole dans le Nord du bassin arachidier, Sénégal : diagnostic de deux agrosystèmes villageois*, Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur de l'ENIHP et du diplôme d'agronomie tropicale du CNEARC, 159 p. et annexes.
- SÈNE Souleymane et OZER Pierre, 2002, « Évolution pluviométrique et relation inondation-événements pluvieux au Sénégal », in *Bulletin de la Société géographique de Liège*, n°42, pp. 27-33.
- SOUGOU Abdoulaye, 2020, *Régression des ressources ligneuses et dégradation des sols dans la Commune de Séssène (Mbour, Thiès)*, Mémoire de master de Géographie de l'Université Gaston Berger (UGB) de Saint-Louis du Sénégal, 100 p. et annexes.
- SOUGOU Abdoulaye, SECK Mouhamadou Bassirou et SY Boubou Aldiouma, 2021, « Dégradation du couvert végétal et mutations de l'espace agropastoral dans la Commune de Séssène, Nord du bassin arachidier (Sénégal) », in *Revue de Géographie de l'Université de Ouagadougou (RGO)*, n°10, Vol.1, pp. 31-54.
- SY Boubou Aldiouma, 2015, Érosion éolienne et risques morphogéniques dans le Sahel sénégalais, in : TOURE A. A. et al., *Érosion éolienne dans les régions arides et semi-arides africaines : processus physiques, météorologie et techniques de lutte* (Djerba, 12-14 novembre 2013), Institut des Régions Arides-Méditerranéennes-TUNISIE, 36 (1/2015), pp. 45-70.