

LIENS, nouvelle série :

Revue francophone internationale — N°09 / Décembre 2025

Faculté des Sciences et Technologies de l'Éducation et de la Formation – FASTEF/UCAD

ISSN: 2772-2392 -<https://liens.ucad.sn>-Journal DOI: [10.61585/pud-liens](https://doi.org/10.61585/pud-liens)



REVUE LIENS

FASTEF

LIENS,

nouvelle série :

Revue francophone internationale

-- N°09---

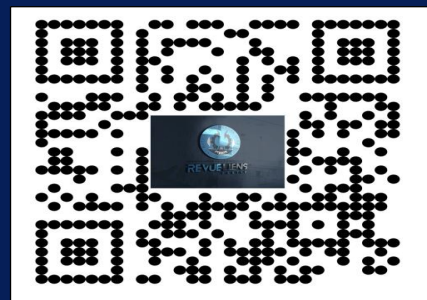
**Faculté des Sciences et Technologies de
l'Éducation et de la Formation
FASTEF**



DAKAR, DECEMBRE 2025

ISSN 2772-2392

SITE : <https://liens.ucad.sn>



REVUE LIENS
FASTEF

Copyright © 2025

Faculté des Sciences et Technologies de l'Éducation et de la Formation

ISSN 2772-2392

Dakar-Sénégal

revue.liens@ucad.edu.sn



REVUE LIENS

FASTE



Dakar – Décembre 2025

ISSN 2772-2392

revue.liens@ucad.edu.sn

Comité de direction

Directeur de publication

Mamadou DRAMÉ

Directeur de la revue

Assane TOURÉ

Directrice adjointe et rédactrice en chef

Ndèye Astou GUEYE



Comité de rédaction

Rédactrice en chef

Ndèye Astou GUEYE,

Rédacteur en chef adjoint

Bara NDIAYE

Responsable numérique

Abdoulaye THIOUNE

Assistante de rédaction

Seynabou GUEYE

Comité scientifique

ALTET Marguerite, Professeur en sciences de l'éducation (Université de Nantes, France) ; BATIONO Jean Claude, Professeur en didactique des langues et de la littérature, (Université de Koudougou, Burkina Faso) ; BIAYE Mamadi, Professeur en physique nucléaire, (UCAD, Sénégal) ; CHABCHOUB Ahmed, Professeur en sciences de l'éducation (Université de Bordeaux) ; CHARLIER Jean Emile, Professeur (Université Catholique de Louvain) ; CUQ Jean Pierre, Professeur en didactique du français (Université de Nice Sophia Antipolis) ; DAVIN CHNANE Fatima, Professeur en didactique du français (Aix-Marseille Université, France) ; DE KETELE Jean-Marie, Professeur (UCL, Belgique) ; DIAGNE Souleymane Bachir, Professeur en philosophie (UCAD, Sénégal), (Université de Columbia) ; DIOP Amadou Sarr, Maître de conférences en sociologie, (UCAD, Sénégal) ; DIOP El Hadji Ibrahima, Professeur en littérature allemande moderne - Études allemandes, (UCAD, Sénégal) ; DIOP Papa Mamour, Maître de conférences en Sciences de l'éducation ; didactique de la langue et de la littérature (Espagnol) (UCAD, Sénégal) ; DRAME Mamadou, Professeur Titulaire en sciences du langage, (UCAD, Sénégal) ; FADIGA Kanvaly, Professeur en Sciences de l'Éducation, (ENS, Côte d'Ivoire) ; FALL Moussa, Maître de Conférences en Linguistique française-Didactique, (FLSH-UCAD) ; FAYE Valy, Maître de conférences en Histoire contemporaine, (UCAD, Sénégal) ; GIORDAN André, Professeur en didactique et épistémologie des sciences (Université de Genève, Suisse) ; GUEYE Babacar, Professeur en Didactique de la Biologie (UCAD, Sénégal) ; IBARA Yvon-Pierre Ndong, Professeur en linguistique et langue anglaise (Université Marien N'Gouabi République du Congo) ; KANE Ibrahima, Maître de conférences en écophysiologie végétale, (UCAD, Sénégal) ; LEGENDRE Marie-Françoise, Professeur des sciences de l'éducation (Université de LAVAL, Québec) ; MBOW Fallou, Professeur en sciences du langage (UCAD, Sénégal) ; MILED Mohamed, Professeur en Sciences de l'éducation, SOKHNA Moustapha , Professeur Titulaire en Didactique, Mathématiques (FASTEF-UCAD) ; SY Harouna, Professeur Titulaire en sociologie de l'éducation (FASTEF-UCAD).

Comité de lecture

ADICK Christel, Professeur en sciences de l'éducation (Université Johannes Gutenberg Mainz, Allemagne) ; BARRY Oumar Maître de conférences en Psychologie générale (FLSH-UCAD) ; BOULINGUI Jean-Eude, Maître de Conférences, Sciences de la Vie et de la Terre (E.N.S.- Libreville) ; BOYE Mouhamadou Sembène Maître de conférences en chimie (FASTEF-UCAD) ; COLY Augustin, Maître de Conférences, Littérature comparée, (FLSH - UCAD) ; DAVID Mélanie, Professeur en sciences de l'éducation (Université Paris 8, France) ; DIALLO Souleymane, Maître de conférences en Sociologie de l'éducation (INSEPS- UCAD) ; DIENG Maguette, Maître de conférences en littérature espagnole (FASTEF-UCAD) ; GUEYE Séga, Maître de conférences en physique (FASTEF-UCAD) ; GUEYES TROH Léontine, Maître de conférences, Littérature générale et comparée (Université Felix Houphouët Boigny-ABIDJAN) ; KABORE Bernard, Professeur Titulaire, Sociolinguistique (Université Joseph Ki-Zerbo) ; KANE Ibrahima, Maître de conférences, P.V. : Eco-Physiologie végétale , (FASTEF-UCAD) ; MBAYE Djibril, Maître de Conférences, Littératures et Civilisations hispano-américaines et afro-hispaniques (FLSH-UCAD) ; MBAYE Cheikh Amadou Kabir, Maître de conférences, Littérature africaine orale (FASTEF-UCAD) ; NASSALANG Jean- Denis, Maître de conférences, Littérature française (FASTEF-UCAD) ; NDIAYE Ameth, Maître de Conférences, Géométrie, Mathématiques (FASTEF-UCAD) ; NGOM Mamadou Abdou Babou, Maître de Conférences, Littérature de l'Afrique anglophone, Anglais, (FLSH-UCAD) ; PAMBOU Jean Aimé, Maître de conférences en sociolinguistique et français langue étrangère, (E.N.S, Gabon) ; SECK Cheikh, Maître de conférences, Analyse, Mathématiques (FASTEF-UCAD) ; SOW Amadou, Maître de conférences, Littérature africaine orale (FASTEF-UCAD) ; SY Kalidou Seydou, Maître de conférences en sciences du langage (UFR LHS-UGB) ; SYLLA Fagueye Ndiaye, Maître de Conférences, Analyse numérique, Mathématiques (FASTEF-UCAD) ; THIAM Ousseynou, Maître de conférences, Sciences de l'éducation ; (FASTEF-UCAD) ; TIEMTORE Zakaria, Maître de conférences, Sciences de l'éducation : Technologies de l'éducation – Politiques éducatives, (ENS-UNZ) ; TIMERA Mamadou BOUNA, Professeur Titulaire en didactique de la géographie (UCAD, Sénégal) ; YORO Souleymane, Maître de conférences, Littérature africaine orale (FASTEF-UCAD).

Sommaire

Editorial	9
Ndèye Astou GUEYE, Rédactrice en Chef.....	11
I.SCIENCES DE L'EDUCATION.....	12
L'intégration du numérique dans le processus des enseignements-apprentissages en classe de philosophie : analyse des pratiques et représentations des professeurs de philosophie de l'Académie Pikine-Guédiawaye.....	13-27
Moctar Ndiaga Thioye.....	13-27
La gestion de la vulnérabilité et de la déperdition scolaire aux lycées de la Commune de Ziguinchor : réalité, enjeux et défis en contexte numérique.....	28-42
Mamadou SARR et Babacar BITEYE... ..	28-42
Accès au lycée d'Excellence Mariama BA de Gorée : reflet des disparités régionales au Sénégal ? Mamadou DIALLO et Mamadou THIARE	43-57
Possibilité d'une philosophie pour enfant en contexte sénégalais : l'exemple du sentiment d'appartenance des élèves de 5 ^{ème} année de l'élémentaire.....	58-71
Guène Faye et El Hadji Mouhamadou Dieye	58-71
Analyse des perceptions des professeurs de physique et chimie sur les objectifs des expériences dans l'enseignement de l'électricité en seconde scientifique au Sénégal.....	72-84
Mamadou SALL et Séga GUEYE.....	72-84
Transposition didactique interne de la structure électronique des atomes en Secondes au Sénégal.....	85-96
Talibouya NDIOR, Mamadou DIENG, Mouhamadou Sembène BOYE, Saliou KANE.....	85-96
II.DISCIPLINES FONDAMENTALES	97
L'Amour dans <i>Chants d'ombre</i> de Léopold Sédar Senghor : un reflet de la culture africaine	98-112
Abdoulaye DIOME	98-112
Frantz Fanon : du nationalisme algérien au panafricanisme	113-123
Ousmane SARR	113-123
Les particularités linguistiques de la côte d'Ivoire : Étude de <i>La carte d'identité</i> de Jean Marie ADIAFFI	124-131
ABDULMALIK Ismail, DONGMO, Keudem Adelaide et POOPOLA Temitope Falilat.....	124-131
La bouche et la parole dans les proverbes <i>joola</i> de Casamance	132-141
Michel SAMBOU	132-141

L'intellectuel Africain entre défis et engagement	142-154
Ibou Dramé SYLLA	142-154
La pronominalisation : l'exemple de « On » dans <i>Antigone</i> de Jean ANOUILH	155-163
Moussa THIAW	155-163
De l'espace symbolique et psychologique à l'espace littéraire dans <i>La Princesse de Clèves</i> (1678) de Madame de la Fayette	164-172
Ousmane GUEYE	164-172
Montaigne et le renouvellement des pratiques pédagogiques de L'école humaniste	173-187
Mamadou SANE.....	173-187
L'Afrique et la gestion de la frontière	188-204
Mohamet Sall	188-204
Évaluation de la mémoire traumatique chez les femmes victimes de violences sexuelles liées au conflit armé à l'Est de la RDC : Cas des territoires de Kalehe et Masisi.....	205-218
Jean Donatus BAHATI SHABANYERE, Anne Marie BUUMA WABO, Léon HAKIZIMANA KAGABO, Alain NDUWAYO BASIGARIYE et MUSSA BUJIRIRI Rostand... ..	205-218
L'intertextualité : Expression de la dynamique du changement chez Manuel COFIÑO LÓPEZ	
Dr. Christian Bâle DIONE	219-228
A FILOSOFIA MARXISTA-LENINISTA COMO PENSAMENTO CANÔNICO E VÍNCULO IDEOLÓGICO DE DISSIDÊNCIA NAS LITERATURAS PORTUGUESA E AFRICANA DE EXPRESSÃO LUSÓFONA	229-243
Dr Mahamadou DIAKHITE	229-243
(م.1957/هـ.1376) Al-Tijānī et la Tijāniyya dans <i>Hal min sabīlⁱⁿ</i> de Serigne Babacar Sy (m.1957)	
Seydi Diamil Niane	244-251
Estimation des pertes en sols par érosion hydrique dans le bassin versant de Koumpentoum (Centre-Est du Sénégal)	252-268
Ndeye Fatim SECK, Aliou CISSE et Seydou Alassane SOW... ..	252-268
Apport des systèmes d'information géographique (SIG) à l'analyse morphométrique du bassin versant du lac Wégénia (Mali)	269-287
Lassine SANANKOUA, Boubacar Amadou DIALLO ^{et} N'dji dit Jacques DEMBELE... ..	269-287
Communication numérique et insurrection en période électorale au Sénégal :	
le cas du procès « SONKO-ADJI SARR »	288-303
Saidou Abdoul DIOP	288-303
LISTE DES AUTEURS DU <i>LIENS</i> 9	304-305

Éditorial

Ndèye Astou GUEYE, Rédactrice en Chef

Ce numéro 9 de la revue *Liens, nouvelle série : revue francophone internationale* qui clôt l'année 2025 a connu un franc succès avec la publication de vingt-deux articles. Des productions scientifiques à la fois inédites et originales. Elles relèvent des sciences de l'éducation et des disciplines fondamentales.

Aussi en sciences de l'éducation les chercheurs mettent-ils l'accent sur le numérique. C'est ainsi que Moctar Ndiaga Thioye fait une étude sur l'intégration du numérique dans le processus des enseignements-apprentissages en classe de philosophie avec notamment une analyse des pratiques et représentations des professeurs de philosophie de l'Académie Pikine-Guédiawaye.

À sa suite, Mamadou Sarr et Babacar Biteye traitent de la gestion de la vulnérabilité et de la déperdition scolaire dans les lycées qui se trouvent dans la Commune de Ziguinchor. Il réfléchit sur les possibilités que peut offrir l'usage du numérique dans un contexte de numérisation globale et accrue.

Toujours dans le domaine de l'éducation, Mamadou Diallo et Mamadou Thiare ont dans leur article mis à nu les disparités entre la région de Dakar et les autres régions du Sénégal, en ce qui concerne l'accès au Lycée d'Excellence Mariama Ba de Gorée.

Quant à Guène Faye et El Hadji Mouhamadou Dieye, ils réfléchissent sur la possibilité d'une philosophie pour enfant en contexte sénégalais. Dans ce nouveau champ non encore défriché au Sénégal, leur article tente, par une démarche pratique et empirique, de démontrer les possibilités d'une philosophie pour enfants. Cet exercice s'appuie sur la « différence d'appartenance » auprès d'élèves d'origine ethnique et sociale différente.

De la philosophie, nous passons en physique et chimie avec Mamadou Sall et Segag Gueye qui ont fait une étude intitulée « Analyse des perceptions des professeurs de Physique-Chimie sur les objectifs des expériences dans l'enseignement de l'électricité en Seconde scientifique au Sénégal ». Ils tirent, par ailleurs, la sonnette d'alarme sur la vétusté et l'insuffisance des équipements dans les laboratoires.

Et Talibouya Ndior, Mamadou Dieng, Mouhamadou Sembène Boye et Saliou Kane de clore cette partie réservée aux sciences de l'éducation avec leur production scientifique qui analyse la transposition didactique interne de la structure électronique en classe de seconde S au Sénégal. Ce processus, qui adapte le savoir scientifique au cadre scolaire, entraîne souvent une simplification des concepts complexes comme les orbitales ou les niveaux d'énergie.

C'est l'article d'Abdoulaye Diome, qui ouvre cette partie de l'éditorial relative aux disciplines fondamentales. Il examine comment Léopold Sédar Senghor, dans son recueil de poèmes *Chants d'ombre*, exprime l'amour à travers une esthétique profondément ancrée dans la culture africaine.

Nous restons en Afrique avec Ousmane Sarr qui réfléchit sur « Frantz Fanon : du nationalisme Algérien au panafricanisme ». Cette production scientifique montre, d'une part, les raisons qui fondent le soutien de Fanon au nationalisme algérien et, d'autre part, ce qui motive sa vision des « États-Unis d'Afrique »

Ismail Abdulmalik, Adelaide Keudem et Falilat Temitope ont dans leur étude souligné les particularités linguistiques de la Côte d'Ivoire à travers l'ouvrage de Jean Marie Adiaffi intitulé *La Carte d'identité*.

Michel Sambou leur emboîte le pas avec son article qui traite de « La bouche et la parole dans les proverbes joola de Casamance ». Cet article analyse le rôle de la bouche et de la parole dans les proverbes joola de Casamance, à partir du recueil de Nazaire Diatta (1998).

Ibou Drame Sylla revient sur l'intellectuel Africain et les problèmes de la société. Cette étude tente d'éclairer le rapport que l'intellectuel, en contexte africain, entretient avec la société dans la double articulation du symbole qu'il incarne et de son engagement au-delà de la simple étiquette de citoyen.

Moussa Thiaw nous fait changer de cadre avec son article portant sur la pronominalisation de « On » avec comme corpus *Antigone* de Jean Anouilh.

Ousmane Gueye avec son article, qui met en lumière la démarche de création artistique chez Madame de La Fayette, particulièrement, dans *La Princesse de Clèves*, expression d'une volonté de l'auteure de prendre appui sur les réflexions théoriques et les pratiques esthétiques du XVII^e siècle classique, réfléchit sur un des classiques de la littérature française.

Quant à Mamadou Sané, il traite du XVI^e-ème siècle, et plus précisément de Montaigne et du renouvellement des pratiques pédagogiques, qui ont eu lieu pendant ce siècle.

Mohamet Sall de réfléchir sur les nombreux problèmes que posent les frontières en Afrique. Le présent article revient sur les différentes politiques frontalières adoptées par l'Union Africaine afin de résoudre les tensions territoriales entre les Etats, de pacifier les zones transfrontalières et ainsi dissuader toute volonté sécessionniste.

Jean Donatus Bahati Shabanyere, Anne Marie Buuma Wabo, Léon Hakizimana Kagabo et Alain Nduwayo Basigariye confirment cette situation avec leur production scientifique portant sur l'évaluation de la mémoire traumatique chez les femmes victimes de violences sexuelles dans le contexte du conflit armé à l'Est de la RDC.

Nous revenons dans le domaine de la littérature avec Christian Bâle Dione dont l'étude montre comment Manuel Cofiño s'est servi de l'intertextualité pour faire ressortir dans son œuvre, et principalement dans *Cuando la sangre se parece al fuego*, le thème du changement intervenu avec la Révolution.

De l'espagnol nous migrons vers le portugais avec Mahamadou Diakhite qui traite de la philosophie marxiste-léniniste. Laquelle philosophie apparaît comme la pensée canonique et le lien culturel indéniables qui unit les écrivains néo-réalistes et les idéologues des luttes de libération en Afrique lusophone.

À sa suite Seydi Djamil Niane fait une étude sur l'école de Tivaouane fondée par Elhadji Malick Sy. Son fils, Serigne Babacar Sy, est l'auteur d'un recueil de poèmes riche de ses thématiques. Parmi celles-ci, l'éloge de la Tijāniyya et de son fondateur Aḥmad al-Tijānī occupe une place importante. Cet article analyse l'un de ces poèmes, à savoir son Hal min sabīlin et montre dans quelles mesures celui-ci contribue à la fois à la littérature arabe, à la poésie du madīḥ mais aussi à la littérature de la Tijāniyya.

Et Ndeye Fatim Seck, Aliou CISSE et Seydou Alassane SOW de traiter d'un domaine crucial et vital, "l'eau" dans leur production scientifique. L'objectif de cet article est de quantifier et de spatialiser l'érosion hydrique en nappe dans ce bassin versant.

Toujours en géographie, Lassine Sanankoua, Boubacar Amadou Diallo et N'dji dit Jacques Dembele réfléchissent sur l'apport du SIG dans l'analyse morpho métrique du bassin versant du Lac Wégna. Rappelons que l'analyse morpho métrique est déterminée par quatre caractéristiques majeures : la géométrie du bassin, les caractéristiques linéaires, les caractéristiques du relief et les caractéristiques de texture.

Saidou Abdoul Diop clôt cet éditorial avec son article intitulé : « Communication numérique et insurrection en période électorale au Sénégal : le cas du procès "Sonko-Adjir Sarr" ». Il revient sur un événement, qui a secoué la scène politique au Sénégal, il y a quelques années.

Bonne lecture !

II. DISCIPLINES FONDAMENTALES

Apport des systèmes d'information géographique (SIG) à l'analyse morphométrique du bassin versant du lac Wégna (Mali)

^aLassine SANANKOUA

École Normale Supérieure de Bamako, Mali

^bBoubacar Amadou DIALLO

École Normale Supérieure de Bamako, Mali

^cN'dji dit Jacques DEMBELE

Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako, Mali

Résumé

La morphométrie est une des clés majeures pour comprendre les processus géomorphologiques, hydrologiques, climatiques et hydrogéologiques dans un bassin versant. L'analyse morphométrique est déterminée par quatre principales caractéristiques : la géométrie du bassin, ses caractéristiques linéaires, celles du relief et de la texture. Pour procéder à cette analyse, nous nous sommes appuyés sur les images satellitaires et le Modèle Numérique de Terrain de l'instrument Advanced Spaceborne Thermal Emission, Global Digital Elevation Model (ASTER GDEM) de 30 mètres de résolution spatiale. Les résultats montrent que le bassin du lac Wégna est d'ordre 8 avec 9020 cours d'eau et une superficie de 1143,59 km². Son réseau hydrographique est de type dendritique et son rapport moyen de bifurcation de l'ordre de 3,69. La valeur de son facteur forme est de 0,38 : ce qui en fait un bassin de type allongé.

Mots-clés : Morphométrie, SIG, ASTER GDEM, Bassin versant, Lac Wégna

Abstract

Morphometry is one of the major keys to understanding geomorphological, hydrological, climatic and hydrogeological processes in a watershed. Morphometric analysis is determined by four main characteristics: basin geometry, linear features, relief and texture. To carry out this analysis, we used satellite images and the Advanced Spaceborne Thermal Emission, Global Digital Elevation Model (ASTER GDEM) 30 meter of spatial resolution. The results show that the Wégna Lake basin is of order 8 with 9020 rivers and an area of 1143.59 km². Its hydrographic network is of dendritic type. Its hydrographic network is dendritic, with an average bifurcation ratio of around 3.69. Its shape factor is 0.38, making it an elongated basin.

Keywords: Morphometry, GIS, ASTER GDEM, Watershed, Lake Wégna

Introduction

La morphométrie est la mesure et l'analyse mathématique de la configuration de la surface de la terre, de la forme et de la dimension de ses formes de relief (G. P. Obi Reddy et al. 2017). Au cours des dernières décennies, la géomorphologie a mis l'accent sur le développement de méthodes physiographiques quantitatives pour décrire l'évolution et le comportement des réseaux de drainage de surface (R. E. Horton, 1945). Grâce aux résultats de l'analyse morphométrique des bassins versants, l'on est parvenu à en aménager de très nombreux, à partir des données satellitaires et des MNT (L. Mostakim et al. 2021). Les caractéristiques morphométriques d'un bassin versant renferment des informations importantes en rapport avec sa formation et son développement. Cette situation s'explique par le fait que l'ensemble des processus hydrologiques, climatiques et géomorphologiques s'y déroulent (P. Shekar et al. 2023). L'analyse morphométrique fournit ainsi une description quantitative du système de drainage, aspect important de caractérisation des bassins versants (A. N. Strahler, 1964). Les Systèmes d'Information Géographique (SIG) sont aujourd'hui utilisés pour évaluer, analyser divers paramètres de terrain et morphométriques des bassins versants, car ils fournissent un environnement flexible et constituent de puissants outils d'exploitation et d'analyse des informations spatiales.

L'objectif de cette étude est d'analyser les paramètres morphométriques du bassin versant du lac Wégna situé dans le Cercle de Kolokani au Mali, plus précisément dans la commune rurale de Guihoyo.

1. Matériels et méthode

1.1. Zone d'étude

Le bassin versant du lac Wégna, dans le Cercle de Kolokani et de Kati (Région de Koulikoro, Mali), est situé entre 13°17'52'' et 13°18'70'' de latitude nord et 8°7'31'' et 8°7'45'' de longitude ouest. Classé comme site Ramsar en 2013, il est limité au Nord par les collines de Tioribougou, au Sud par les monts Mandingues, à l'Est par la plaine de Nossombougou et à l'Ouest par la réserve du Baoulé. Lac le plus étendu de la région de Koulikoro, sur une superficie de 1,22 km² et un périmètre de 10,76 km²² son bassin versant couvre 1143,59 km², pour un périmètre de 245 km (Figure 1), avec un écoulement de direction sud-ouest.

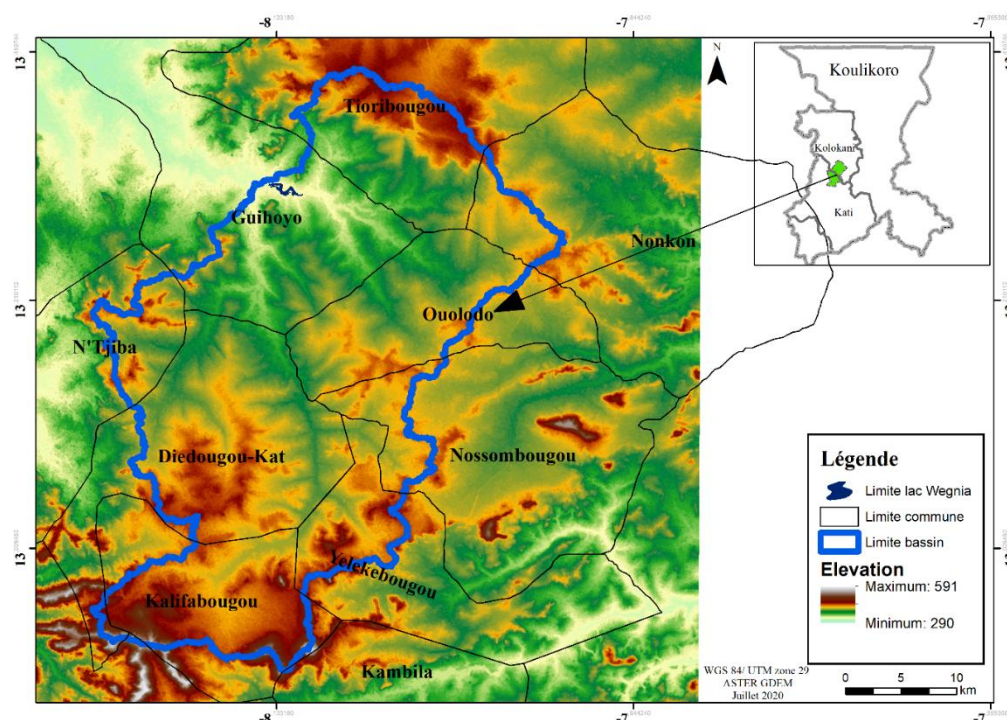


Figure 1: Localisation de la zone d'étude

Source : ASTER-GDEM

1.2. Méthodologie

Cette recherche s'appuie sur une série de données, notamment le Modèle Numérique de Terrain de type ASTER GDEM de 30 m de résolution pour la délimitation du bassin, des images satellitaires, des données climatiques et des limites administratives de la zone d'étude.

Les outils utilisés ont permis de procéder au traitement et conduit à l'analyse et à l'interprétation des différentes données. Ils peuvent être sériés comme suit :

Le logiciel GRASS GIS 7.9 a servi au traitement et à la correction des images du MNT issues de la base de données de l'instrument Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer Global Digital Elevation Map (ASTER GDEM) ; ce qui a permis la délimitation du bassin versant, l'extraction du réseau hydrographique et des paramètres morphométriques, le calcul de la pente, son profil et le relief ;

Le logiciel ArcGIS, à la base de l'analyse spatiale, a conduit à la réalisation des cartes, avec :

- Le téléchargement du MNT de la zone d'étude à partir du logiciel Global Mapper ;
- la réalisation des traitements géométriques à partir du logiciel QGIS 3.10 ;
- Le traitement des données statistiques et des graphiques à partir du logiciel Excel et le dessin des graphiques avec le logiciel INKSCAPE.

2. Résultats, interprétation et discussion

2.1. Géologie et géomorphologie

Les formations géologiques du bassin versant du lac Wégna se présentent en bandes de sédimentation infracambrienne siège de la circulation d'eau souterraine en deux types d'aquifères : les aquifères discontinus et les aquifères superficiels (H. Bokar et al. 2018). Le relief est constitué d'un immense plateau gréseux au nord de Bamako à la jonction des zones soudanienne et sahélienne. Il est accidenté par les plateaux mandingues au sud, mais avec de larges plaines et de dépressions entourées de collines formées de grès et de dolérite reposant sur un socle granitique et schisteux du Précambrien inférieur et moyen. Les altitudes minimale et maximale sont respectivement de 328 et 575 m. Les types de sols rencontrés sont : les sols limoneux, les sols sableux, argileux et gréseux. Les sols gréseux, limoneux et argileux sont situés dans les plaines entourées par les collines de la zone.

2.2. Pente

La pente est l'élément fondamental des paramètres de formes et des processus géomorphologiques d'un paysage. La pente est très importante dans la classification du relief, elle joue un rôle déterminant dans la direction de l'écoulement et la vitesse de dépôts des sédiments. Elle indique, également, le changement des éléments de surface ou l'inclinaison d'une surface donnée sur un plan horizontal (Figure 2).

On note l'existence de plusieurs classifications de pente. Mais, nous avons retenu celle de (M. Meybeck et al., 2001) pour le calcul de la pente du bassin du lac Wégna. Le choix de la classification de (M. Meybeck et al., 2001) se justifie par son adéquation avec l'analyse hydrologique des bassins versants dominés par de faibles gradients topographiques, comme c'est le cas du lac Wégna, où 92 % des superficies présentent des pentes comprises entre 0 et 5 %. Contrairement à d'autres classifications davantage adaptées aux reliefs accidentés (A. Young, 1972 ; R. V. Zuidam, 1985), cette typologie permet une meilleure discrimination des surfaces de plaine et de pente faible. Celles-ci sont déterminantes dans l'écoulement lent, l'alluvionnement et la faible érosion caractéristiques de la zone; en outre, la pente est largement utilisée dans les études hydrologiques à grande échelle, favorisant la comparabilité des résultats (M. Meybeck et

al. 2001 ; C. J. Vörösmarty et al., 2000). C'est ainsi que cinq (5) types de classes ont pu être dégagés : le premier (de 0-2 degrés) correspond à la plaine, le deuxième (de 2-5 degrés) est de pente faible, le troisième (de 5-15 degrés) a une pente forte, le quatrième (de 15-25 degrés) correspond à la pente raide et le cinquième (25 et plus) à l'escarpement. Le bassin du lac Wégna, sur une superficie de 1 088, 52 km² (Tableau 1), correspond pour 92% aux classes plaine et pente faible liées à la faiblesse de l'érosion dans la zone d'étude et à la position marginale des escarpements.

Tableau 1: Classes de pente

Classes		Superficie km ²	Pourcentage %
0-2°	Plaine	403,36	35,23
2-5°	Pente faible	574,53	50,18
5-15°	Pente forte	165,22	14,43
15-25°	Pente raide	1,69	0,15
25° et Plus	Escarpement	0,04	0,004
Total		1139,65	100

*Source :
ASTER-
GDEM,
2014*

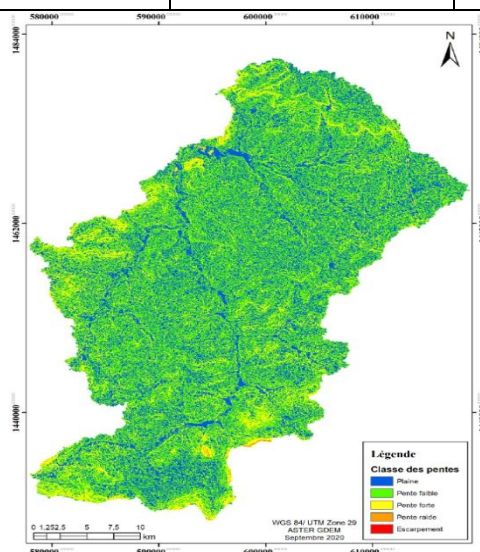


Figure 2 : Classification de la pente

Source : ASTER-GDEM, 2014

2.3. Profil de pente

Le profil de pente est important dans l'analyse des processus géomorphologiques et hydrologiques (Tableau 2). Il est déterminé par deux caractéristiques à savoir le profil de courbure et le profil tangentiel.

Le profil de courbure montre le sens de la pente la plus élevée, le taux d'accumulation, de dépôt et la direction de l'écoulement tandis que le profil tangentiel fournit les mesures sur la direction de l'écoulement à la convergence et à la divergence de direction. Les courbures, comprises entre -1 et 1, sont négatives pour la concavité et positives pour la convexité. Les profils de courbure et tangentiel sont classés en 3 formes : les pentes planes 0,001 et -0,001 ; les pentes convexes entre 0,001 et 1 et les pentes concaves -0,001.

Tableau 2 : Classe de courbures

Courbure	Convexe	Concave	Plan
Profil	33,86	39,11	27,03
Tangentiel	33,79	27,31	38,9

Source : Traitement des données

Dans le bassin du lac, la pente convexe occupe 33,86% du profil de courbure, celle de la partie concave 39,11% et celle de la partie plane 27,03%. On peut déduire de cette situation que le taux de dépôt est supérieur à celui de l'érosion de la zone. Les sédiments déposés peuvent aller comme indiqué jusqu'à 39,11% pour le profil concave de la zone d'étude. Pour la courbure tangentielle, la partie convexe occupe 33,79%, la partie concave 27,31% et la partie plane 38,90%. Cette importance de la partie plane indique une divergence de ruissellement des flux à l'intérieur du bassin.

2.4. Altitudes

La classification du relief proposée par (M. Meybeck et al., 2001), bien qu'appropriée pour l'analyse des pentes, n'est pas adaptée à la distribution des altitudes du bassin du lac Wégna. En effet, cette classification a été conçue pour des contextes continentaux intégrant de fortes amplitudes altitudinales, allant jusqu'aux zones montagneuses élevées, ce qui génère des classes trop larges et non discriminantes pour les reliefs de plaine (M. Meybeck et al. 2001). Or, dans le cas de cette étude, l'altitude maximale n'atteint pas 600 m, caractérisant un relief globalement bas. Par conséquent, l'utilisation de cette classification ne permet pas de différencier efficacement les variations locales d'altitude nécessaires à l'analyse hydrogéomorphologique du bassin. Les classes altitudinales, comprises entre 328-393 et 393-458, constituent 1 089, 84 km² de la superficie totale du bassin, soit 94,88% du relief et donc une nette prédominance des plaines et des collines.

La classification altitudinale proposée par (M. Meybeck et al., 2001) distingue de larges catégories (200–500 m pour les plaines de moyenne altitude et 500–1000 m pour les plaines de haute altitude). Or, dans le bassin du lac Wégna, l'amplitude altitudinale est faible (328 à 575 m).

Ainsi, l'application de cette classification regroupait presque toute la surface du bassin dans une seule classe (200–500 m), ce qui ne permettait pas de distinguer les variations topographiques internes nécessaires à l'interprétation hydrogéomorphologique. Pour obtenir une discrimination plus fine, une classification adaptée à la distribution réelle des altitudes a été élaborée à partir des quartiles des valeurs observées (328–393 m, 393–458 m, 458–523 m, 523–575 m). Cette approche, recommandée en géomorphométrie lorsqu'un système global ne permet pas de représenter adéquatement les reliefs locaux (A. S. Goudie, 2004), permet de mieux mettre en évidence les micro-reliefs influençant l'écoulement et l'accumulation des eaux dans le bassin du lac Wégna

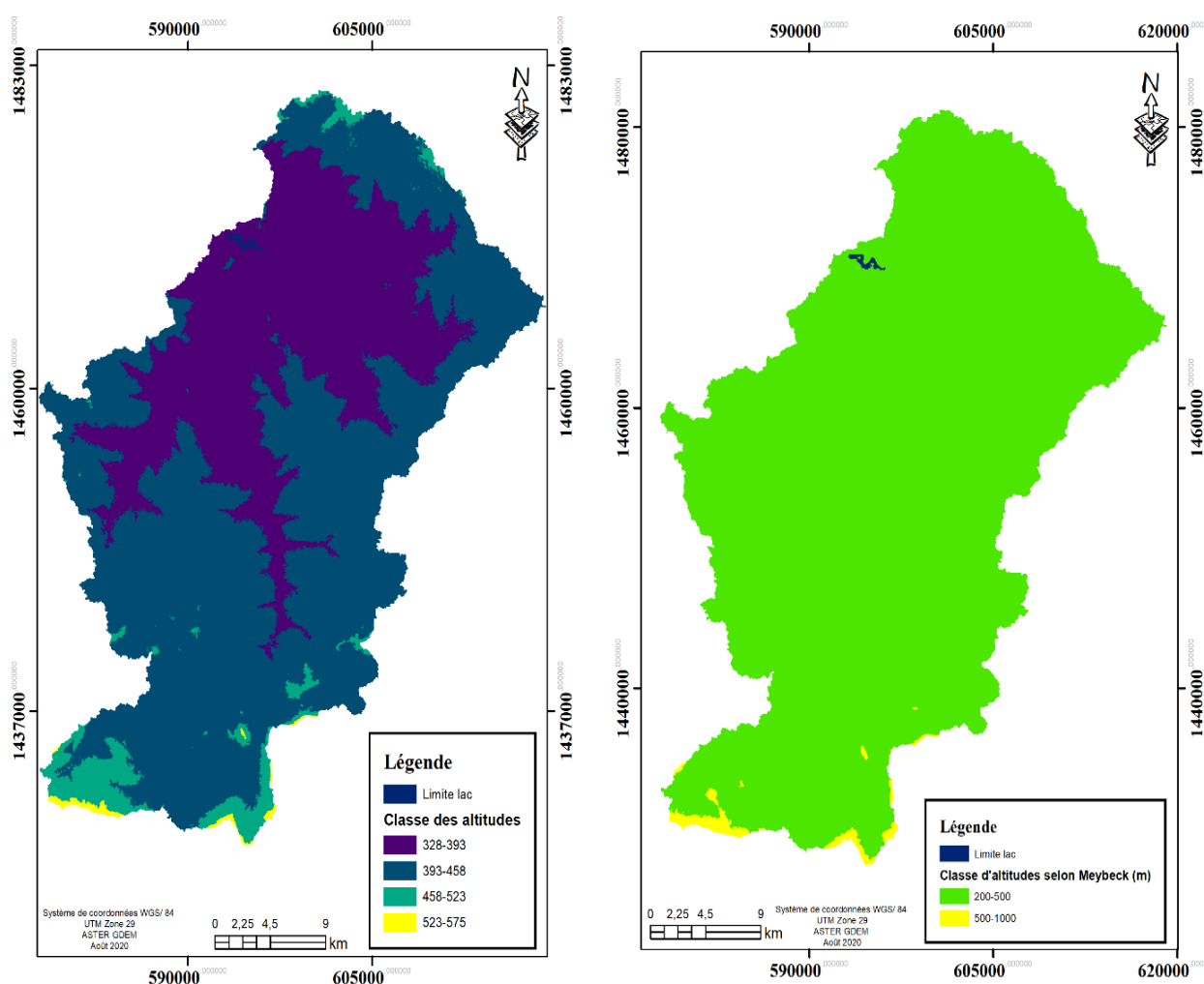


Figure 3: Classes des altitudes

Source : ASTER-GDEM, 2014

2.5. Analyse morphométrique

2.5.1. Géométrie du bassin

Les paramètres de surface sont présentés dans le tableau 3.

Tableau 1: Caractéristiques géométriques

Paramètres de surface	Formules	Résultats	Références
Superficie du bassin	A	1143,59 km ²	Schumm, 1956
Périmètre du bassin	P	245 km	Schumm, 1956
Longueur du bassin	Lb	54,21 km	Schumm, 1956
Largeur du bassin	A/Lb	21,09 km	Schumm, 1956
Index d'élongation	$Re = \frac{1,129\sqrt{A}}{Lb}$	0,70	Strahler, 1964
Index de circularité	$Rc = \frac{4\pi A}{P^2}$	0,23	Miller, 1959
Facteur Forme	$Rf = \frac{A}{Lb^2}$	0,38	Fryirs et Brierley 2013
Lemniscate	$K = \frac{Lb^2}{A}$	2,56	Chorley, 1957

Source : Traitement personnel

2.5.2. Caractéristiques linéaires

L'ordre des rivières

Etape la plus importante pour l'analyse morphométrique du réseau hydrographique d'un bassin versant, le système des cours d'eau a fait l'objet d'un premier classement par (R. E. Horton, 1945), modifié par la suite par (A. N. Strahler, 1952) qui l'a alors rendu plus complet. S'appuyant sur ce classement, le lac Wégna a été hiérarchisé dans un ordre égal à 8, avec un total de 9020 cours d'eau identifiés. Parmi ces entités hydrographiques, 6820 flux sont du 1^{er} ordre, 1727 du 2^e ordre, 363 du 3^e ordre, 85 du 4^e ordre, 17 du 5^e ordre, 5 du 6^e ordre, 2 du 7^e ordre et 1 du 8^e ordre. Ici également et, conformément aux lois de (R. E. Horton, 1945), le nombre de cours d'eau diminue au fur et à mesure que l'ordre de flux augmente.

La longueur des cours d'eau

Défini par R. E. Horton (1945) comme le rapport entre le nombre total de cours d'eau donné et celui de l'ordre supérieur suivant, le ratio de bifurcation varie en fonction des irrégularités du développement géologique du bassin de drainage. D'après A. N. Strahler (1957), il montre également le degré d'intégration prévalant entre les cours d'eau d'ordres différents dans un bassin versant

Le ratio de bifurcation

Il est, R. E. Horton (1945), le rapport entre le nombre total de cours d'eau d'un ordre donné et celui de l'ordre supérieur qui suit. Il varie en fonction des irrégularités du développement géologique du bassin de drainage. Il montre le degré d'intégration qui prévaut entre les cours d'eau d'ordres différents dans un bassin versant (A. N. Strahler, 1957). Toujours selon cet auteur (1964), le ratio de bifurcation compris entre 3 et 5 indique un système de drainage naturel au sein d'une roche homogène, ce qui correspond d'ailleurs à notre zone d'étude. Les valeurs les plus faibles du rapport de bifurcation sont caractéristiques d'un bassin versant plat ou ondulé tandis que les plus élevées traduisent un contrôle structural sur le schéma de drainage et représenteraient pour les bassins versants un système de réseau disséqué (R. E. Horton, 1945). Toujours d'après R. E. Horton, lorsque le ratio est élevé, cela peut entraîner une augmentation du risque d'inondation et l'inverse pour un taux de bifurcation faible. Le ratio de bifurcation permet alors de dégager les rivières susceptibles d'être inondées. Le ratio moyen de la zone ici étudiée est égal à 4,4 ; ce qui veut dire que le risque d'inondation dans le bassin du lac Wégna reste élevé. Ce ratio est proche de celui obtenu par (O. Christopher et al., 2010) dans le bassin d'Onitsha au Nigeria.

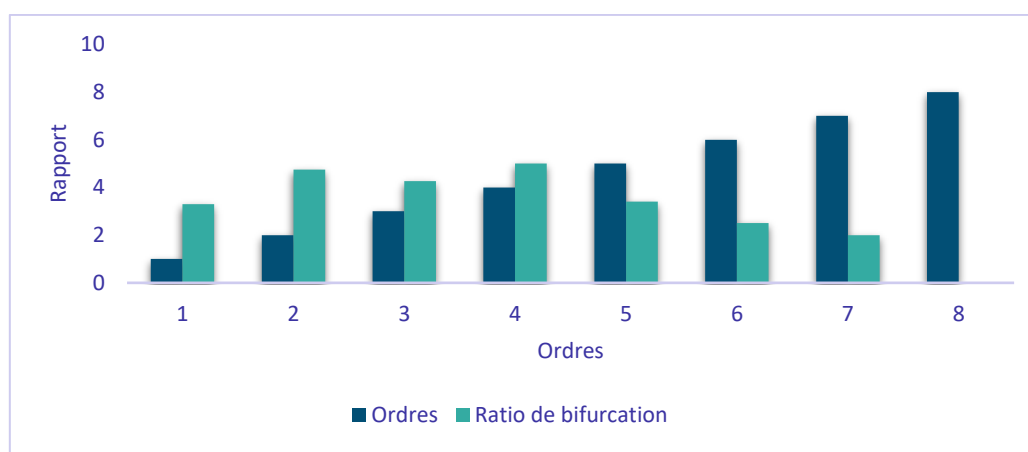


Figure 4: Rapport de bifurcation

2.5.3. Caractéristiques du relief

Le relief du bassin

Le relief est un facteur important pour comprendre le phénomène de dénudation, caractéristique du bassin. Il joue un rôle crucial dans le développement des formes, du drainage de la surface et du sous-sol de l'écoulement de l'eau, la perméabilité et les propriétés d'érosion du terrain (Figure 5). La valeur élevée du relief indique une forte gravité de l'eau de faible perméabilité et de fort ruissellement. L'altitude la plus élevée du bassin versant est égale à 575 m et la plus basse à 328 m.

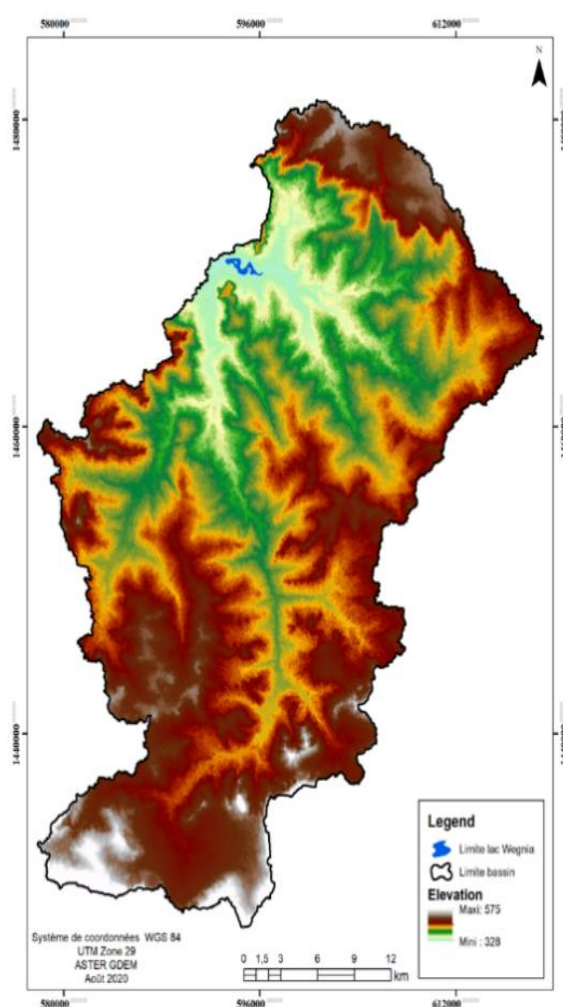


Figure 5: Relief du bassin

Le ratio du relief

Il est le rapport entre le relief du bassin et sa longueur. Utilisé pour mesurer la pente globale d'un bassin versant, il constitue un indicateur de l'intensité des processus d'érosion opérant sur les pentes du bassin. Le ratio du relief de la zone d'étude a une valeur de 8,32.

L'intégrale hypsométrique

C'est la relation entre la section transversale horizontale et la zone du bassin de drainage à l'allongement. Il mesure le degré de l'érosion du paysage fluvial (A. N. Strahler, 1952). L'intégrale hypsométrique varie entre 0 et 0,30 pour les reliefs vieux, composés essentiellement de plaines et de collines, avec des dépôts visibles dans ce type de relief.

L'intégrale de 0,30 à 0,60 est caractéristique d'un relief mature, essentiellement composé de plateaux et de basses montagnes. Les valeurs comprises entre 0,60 et 1,0 sont, quant à elles, caractéristiques de relief jeune, formé de montagnes. L'érosion est prédominante sur les phénomènes de transport et de dépôts. L'intégrale hypsométrique du bassin est égale à 0,1, ce qui signifie que son relief est vieux et constitué de collines à dominance de dépôts.

La courbe hypsométrique

Elle est obtenue à partir de l'algorithme r. hypso dans GRASS GIS. Elle renseigne sur la topographie et l'érosion des canaux de flux (Figure 6). La forme de la courbe hypsométrique et les valeurs de l'intégrale sont des éléments importants qui rentrent en jeu dans la formation du relief de la zone d'étude. Ils montrent de fortes variations des régions, des différences entre le stade de développement et la structure géologique. Pour un relief au stade de la jeunesse, la courbe hypsométrique a une grande intégrale mais cette intégrale diminue au fur et à mesure que le paysage est dénudé, allant vers un stade de la maturité et de la vieillesse (A N Strahler, 1952). Le relief est essentiellement composé ici de plaines et de collines.

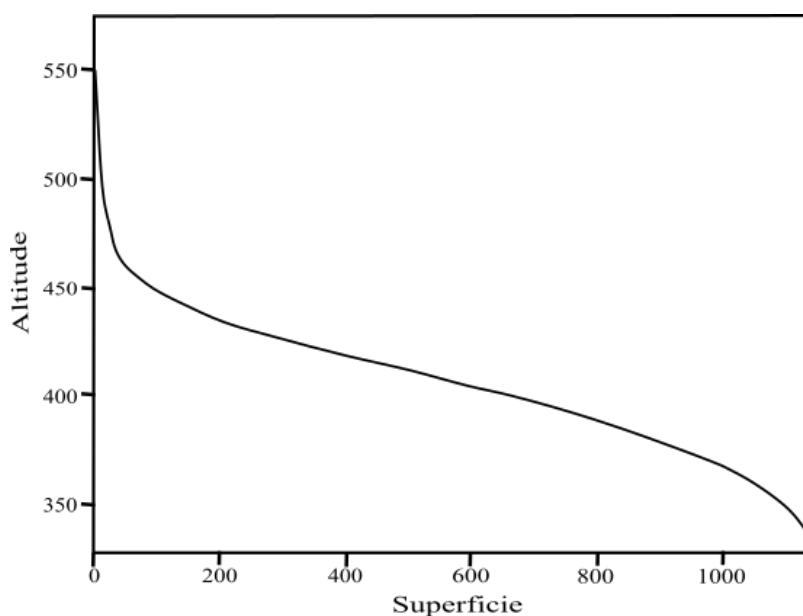


Figure 6 : Courbe hypsométrique

Source : Traitement des données

Tableau 4 : Caractéristiques du relief

Paramètre du relief	Formules	Résultats
Relief du bassin	$H = H_{max} - H_{min}$	247 m
Hauteur moyenne du bassin	$h = \frac{H_{max} + H_{min}}{2}$	451,5 m
Altitude moyenne relative du bassin	H $m = 1.08h - 137$	350,62 m
Relief ratio	$Rh = \frac{H}{LB}$	8,32
Intégrale hypsométrique	$E = \frac{H_{mean} - H_{min}}{H_{max} - H_{min}}$	0,1

Source : Traitement personnel

2.5.4. Caractéristiques de texture

Les valeurs de celles-ci sont données au tableau 5.

La fréquence des cours d'eau

La fréquence des cours d'eau exprime également leur distribution spatiale à l'intérieur du bassin et montre aussi leur degré de fragmentation. La fréquence des cours d'eau reflète la texture et la densité de drainage. La valeur de la fréquence des cours d'eau de la zone étudiée est de 7,88 cours d'eau par km². Lorsque leur fréquence est élevée dans un bassin, cela montre leur augmentation et celle de la densité de drainage.

La densité de drainage

Elle est définie comme le total des longueurs des cours d'eau de tous ordres par rapport à la superficie totale de drainage (Figure 7). La densité de drainage, exprimée en km/km², indique une mesure quantitative de la longueur moyenne de l'écoulement terrestre et donc fournit au moins quelques indications sur l'efficacité du drainage de l'eau de la rivière.

Elle est un élément de l'analyse du drainage qui permet de mieux appréhender l'expression quantitative à la dissection et à l'analyse des formes de terrain en fonction du climat, de la lithologie, des structures et de l'histoire du relief de la région. Il peut finalement être utilisé comme un indicateur indirect pour expliquer les différents processus géomorphologiques, ainsi que la morphogenèse de la forme du terrain (Horton, 1945 ; Strahler, 1952). La densité de drainage se traduit généralement dans les zones de fort matériau du sous-sol résistant ou perméable, dense en végétation et un relief faible. R. E. Horton (1932) note que les densités de drainage sont fonctions de la quantité de pluie ; d'où le nombre élevé dans les zones les plus arrosées.

Une densité de drainage élevée reflète un bassin versant fortement disséqué et une réponse hydrologique rapide aux événements pluvieux, tandis qu'une faible densité de drainage signifie une réponse hydrologique lente. La faible valeur de la densité de drainage est l'une des caractéristiques de la région humide (S. L. Dingman, 2009). La zone d'étude a une densité de drainage modérée, avec une valeur de 3,66 km/km².

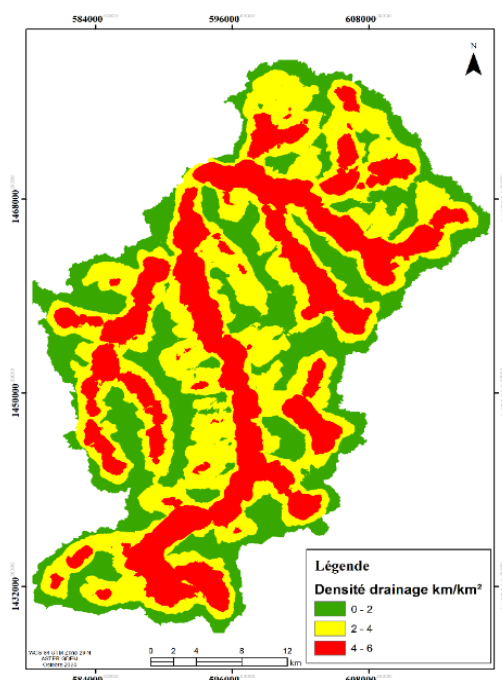


Figure 7: Densité de drainage

La constance du maintien du chenal

Elle est l'inverse de la densité de drainage exprimée en km²/km, elle dépend de la lithologie, de la perméabilité et de la capacité d'infiltration des matériaux de surface, des conditions climatiques et de la végétation (S. A. Schumm, 1956). Il s'agit donc de mesure de l'érodibilité du bassin. Une faible valeur de constance de maintien de chenal indique une forte densité du réseau de drainage et une surface moindre nécessaire pour supporter 1 km de drainage. La constante indique également le nombre de surface en km² du bassin nécessaire pour développer et maintenir un canal de 1 km de long. Elle exprime la taille relative des unités de forme de terrain dans le bassin hydrographique et possède une connotation spécifique (A. N. Strahler, 1957). Dans le bassin versant du lac Wégénia, la valeur de constance de maintien du chenal est de 0,27 km²/km; ce qui indique que 0,27 km² de surface de bassin est nécessaire pour maintenir 1 km de canal.

La longueur des écoulements diffus

La longueur des écoulements diffus désigne la longueur du parcours des eaux de pluie sur la surface du sol avant qu'elles ne soient transmises dans les cours d'eau adjacents et elle représente la moitié de la distance parcourue entre les canaux (R. E. Horton, 1945). Elle est un élément d'une importance capitale sur le temps de concentration nécessaire pour les eaux de pluies à l'intérieur du bassin.

Toujours selon R. E. Horton, la longueur des écoulements diffus représente la moitié de la distance des cours d'eau à la densité drainage.

Dans cette étude, la longueur de l'écoulement terrestre du bassin versant du lac Wégénia est de 1,84 km.

Le ratio de texture

Le ratio de texture est l'espacement entre les lignes des cours d'eau et le nombre total de segments de cours d'eau de tous les ordres du périmètre. Elle dépend de la lithologie, de la capacité d'infiltration et de la forme du relief de terrain (R. E. Horton, 1945).

K. G. Smith (1950) a classé la texture de drainage en cinq catégories différentes : très grossière (<2), grossière (2 à 4), modérée (4 à 6), fine (6 à 8) et très fine (>8). Dans la présente étude, le ratio de texture du bassin versant du lac Wégénia est de 36,81. Elle indique que la catégorie de texture de drainage est 9,67.

L'intensité du drainage

L'intensité du drainage est le rapport entre la fréquence des cours d'eau et la densité du drainage. Pour de faibles valeurs de la densité de drainage, de la fréquence des cours d'eau et de l'intensité de drainage, l'écoulement de surface n'est pas rapidement éliminé dans le bassin versant, ce qui le rend très sensible aux inondations, à l'érosion par ravinement, aux mouvements de masse et aux glissements de terrain (A. Faniran, 1968). La valeur de l'intensité de drainage pour le bassin versant du lac Wégénia est 2,13 ; ce qui veut dire que la zone d'étude n'est pas sensible aux inondations.

L'intensité de l'infiltration

L'intensité de l'infiltration est le produit de la fréquence des rivières et de la densité de drainage. Elle est une caractéristique importante du réseau hydrographique, car elle donne une idée sur le taux d'infiltrabilité dans le bassin. Plus la valeur de l'infiltration est élevée, plus l'écoulement est faible ; quand la capacité d'infiltration est faible, l'écoulement est important (K. G. Smith, 1950). La valeur de l'intensité d'infiltration est égale à 29,07.

Tableau 5 : Texture du drainage

Textures du réseau	Formules	Résultats	Références
Fréquences des rivières	$F_s = \frac{N}{A}$	7,88 num/km ²	Horton, 1945
Densité de drainage	$D_d = \frac{L}{A}$	3,69 km/km ²	Strahler, 1964
Longueur des écoulements diffus	$L_o = \frac{1}{2} \cdot D_d$	1,84 km	Horton, 1945
Constance de maintien du chenal	$C = \frac{1}{D_d}$	0,27 km ² /km	Schumm, 1956
Ratio de texture	$D_t = \frac{Nu}{P}$	36,81	Strahler 1964 et Horton, 1945
Intensité de drainage	$D_i = \frac{F_s}{D_d}$	2,13	Faniran, 1968
Intensité d'infiltration	$I_f = F_s \cdot D_d$	29,07	Smith, 1950

Source : Traitement des données

3. Discussion

La présente étude portant sur le bassin versant du lac Wégna révèle un schéma morphométrique bien développé (ordre 8, 9020 cours d'eau, superficie 1 143,59 km², facteur de forme 0,38); ce qui s'aligne sur la tendance actuelle de l'utilisation des SIG et des modèles numériques de terrain (MNT) pour quantifier la physiographie des bassins versants. M. Meybeck et al. (2001) ont fait une classification du relief sur une grande échelle ; ce qui masque les réalités locales. Pour tenir compte de celles-ci, un choix de classification adapté à la topographie locale a été opéré pour faire une discrimination fine à cette échelle. A. Goudie (2004) corrobore ce type de choix pour mieux mettre en exergue les microreliefs influençant l'écoulement et l'accumulation dans un bassin versant. G. C. Abdeta et al. (2020) ont montré l'efficacité des outils (SIG, MNT) pour identifier les sous-bassins à risque d'érosion dans le bassin de Gidabo en Ethiopie. La valeur moyenne de rapport de bifurcation (3,69) obtenue dans cette étude se situe dans la fourchette (3-5) souvent interprétée comme caractéristique d'un réseau de drainage bien intégré dans un matériel homogène. Le réseau dendritique et la forme allongée suggèrent un temps de concentration plus long et une réponse aux pluies modérées; ce qui est confirmé par d'autres résultats, comme ceux de (G. Gebre et al., 2021) dans le bassin versant de Gudina Wacho en Ethiopie. Un bassin allongé avec densité de drainage élevée indique une réponse rapide au ruissellement. En revanche, la densité de drainage modérée (3,66 km/km²) et la prédominance de pentes faibles (92 % à 0-5°) indiquent une hydrologie plus atténuée, davantage orientée vers l'infiltration et le stockage que vers un ruissellement brutal. D'autre part, S. I. M. Abd Elrahman et I. M. I. Atalmanan (2023) ont montré que l'utilisation du modèle ASTER GDEM à 30 m, l'absence de validation terrain et une analyse strictement statique peuvent limiter la précision de l'évaluation morphométrique. Ces limites méthodologiques sont pertinentes pour cette étude, car elles rappellent la nécessité de prudence dans l'interprétation des résultats dérivés d'un DEM de résolution similaire. Malgré ces contraintes, les indicateurs morphométriques obtenus fournissent des éléments fiables pour orienter la gestion du bassin.

Conclusion

L'utilisation de l'imagerie satellitaire issue de l'instrument ASTER GDEM, associée aux Systèmes d'Information Géographique (SIG), a permis de procéder à l'analyse hydrologique, géomorphologique et climatique du bassin versant du lac Wégna. Le système de classement des cours d'eau dans ce bassin révèle une hiérarchie et un degré élevés de ramification du bassin hydrographique. Le schéma de drainage dominant dans la zone est de type dendritique, alors que le développement de ce type de réseau est influencé par la géologie du terrain, la pente et le relief local. L'analyse de différents paramètres morphométrique a permis de décrire la structure physiographique du bassin, le réseau hydrographique, de la pente et du relief.

Les résultats de cette étude peuvent aider à mieux comprendre le fonctionnement hydrologique du bassin du lac Wégna et les décideurs politiques à la prise de décisions en matière d'aménagement et de gestion durable des bassins versants pour un accès équitable aux ressources en eau.

Ses limites : utilisation d'une image ASTER GDEM (30 m de résolution) de faible précision, l'absence de validation in situ ne remettent, fondamentalement, pas en cause les résultats trouvés et leur application locale. Celles-ci peuvent être améliorées par des études ultérieures.

En perspective, l'utilisation d'un MNT, haute résolution (LiDAR/drone), une validation in situ, des modèles hydrologiques (SWAT/HEC-HMS) et des séries temporelles (Sentinel/Landsat) peuvent permettre une analyse plus approfondie des évolutions climatiques et anthropiques, menant à une Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) locale.

Références bibliographiques

- Abd Elrahman, S. I. M., & Ataalmanan, I. M. I. (2023). *Determination of the hydrological and morphometric characteristics using GIS*. Civil and Environmental Engineering, 19(1), 39–47. <https://doi.org/10.2478/cee-2023-0004>
- Abdeta, G.C., Tesemma, A.B., Tura, A.L. *et al.* Morphometric analysis for prioritizing sub-watersheds and management planning and practices in Gidabo Basin, Southern Rift Valley of Ethiopia. *Appl Water Sci* 10, 158 (2020). <https://doi.org/10.1007/s13201-020-01239-7>
- Anantha Rama V. (2014). Drainage basin analysis for characterization of 3rd order watersheds using Geographic Information System (GIS) and ASTER data, Journal of Geomatics Vol 8 No. 2 October 2014.
- Bokar, H., Traoré, A., & Diarra, M. (2018, p p2494). Hydrogeological characterization of the Wégna Lake watershed, Mali: Implications for groundwater management. *Journal of African Earth Sciences*, 145, 392–402. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2018.07.014>
- Christopher, O., Idowu, A. O., & Olugbenga, A. S. (2010). Hydrological analysis of Onitsha North East Drainage Basin using Geoinformatic techniques. *World Applied Sciences Journal*, 11(10), 1297–1302.
- https://www.researchgate.net/publication/267848442_Hydrological_Analysis_of_Onitsha_North_East_Drainage_Basin_Using_Geoinformatic_Techniques
1. Chorley R. J., Donald M. E. G., Pogorzelski, H. A. (1957). *A new standard for estimating drainage basin shape*, Amer. Jour. Sci., 255: 138141.
 2. Dingman, S. L. (2009). *Fluvial Hydraulics* (illustrated ed.). Oxford University Press. ISBN 978-0-19-517286-7
 3. Faniran, A. (1968). The index of drainage intensity – A provisional new drainage factor. *Australian Journal of Science*, 31, 328–330.
 4. Fryirs, K. A., & Brierley, G. J. (2013). *Geomorphic analysis of river systems: An approach to reading the landscape*. Wiley-Blackwell.
 5. Gebre Gidey, Tekalign Ketema, Gezahegn Gashu, Sime Deressa. (2021). GIS Based Morphometric Analysis of Gudina Wacho Watershed, Western Ethiopia: Suggestion for Surface Irrigation Development. *Journal of Water Resources and Ocean Science*, 10(5), 82–89. <https://doi.org/10.11648/j.wros.20211005.11>
 6. Goudie, A. S. - Ed. (2004) *Encyclopedia of Geomorphology* Vol. 2 - J-Z. Routledge, London.
 7. Horton, R. E. (1945, p. 276). Erosional development of streams and their drainage basins; Hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin*, 56(3), 275–370. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1945\)56\[275:EDOSAT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2)
 8. Meybeck, M., Grünberger, O., & Vörösmarty, C. (2001, p38). Global hydrological basins and river systems: Morphology and topography. In C. Vörösmarty & B. Fekete (Eds.), *Global Water Resources* (pp. 69–96). Cambridge University Press.

- Miller, V. C. (1953). *A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain area, Virginia and Tennessee* (Project NR 389-042, Technical Report 3). Columbia University, Department of Geology, ONR, Geography Branch.
- Mostakim, L., El-Qorchi, F., Guennoun, F. Z., Moutaouakil, S., Berger, E., & Ghamizi, M. (2021, p 634). Morphometric assessment of two watersheds of High Atlas of Morocco using remote sensing and GIS techniques: What is the impact on surface water availability? *Journal of Geographic Information System*, 13, 631–642. <https://doi.org/10.4236/jgis.2021.136034>
- Sahu, N., Obi Reddy, G. P., Kumar, N., Nagaraju, M. S. S., Srivastava, R., & Singh, S. K. (2017). Morphometric analysis in basaltic terrain of Central India using GIS techniques: A case study. *Applied Water Science*, 7, 2493–2499. <https://doi.org/10.1007/s13201-016-0442-Z>
- Schumm, S. A. (1956, p. 659). Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological Society of America Bulletin*, 67(5), 597–646. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1956\)67\[597:EODSAS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1956)67[597:EODSAS]2.0.CO;2)
- Shekar, P. R., & Mathew, A. (2023, p 19). Morphometric analysis of watersheds: A comprehensive review of data sources, quality, and geospatial techniques. *Watershed Ecology and the Environment*, 6(6). <https://doi.org/10.1016/j.wsee.2023.12.001>
- Smith, K. G. (1950). Standards for grading texture of erosional topography. *American Journal of Science*, 248(9), 655–668.
- Strahler, A. N. (1952). Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Geological Society of America Bulletin*, 63(11), 1117–1142. [https://doi.org/10.1130/00167606\(1952\)63\[1117:HAAOET\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/00167606(1952)63[1117:HAAOET]2.0.CO;2)
- Strahler, A. N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Transactions, American Geophysical Union*, 38(6), 913–920.
- Strahler, A. N. (1964). *Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks*. In V. T. Chow (Ed.), *Handbook of Applied Hydrology* (pp. 439-476). McGraw-Hill.
9. Van Zuidam, R. (1985). *Geomorphological methods in hydrology: Application to basin analysis*. Elsevier.
- Vörösmarty, C. J., Green, P., Salisbury, J., & Lammers, R. B. (2000). Global water resources: Vulnerability from climate change and population growth. *Science*, 289(5477), 284–288. <https://doi.org/10.1126/science.289.5477>
- Young, A. (1972). *An introduction to geomorphology* (2nd ed.). Longman.

LISTE DES AUTEURS DU *LIENS* 9

- 1. Lassine SANANKOUA, École Normale Supérieure de Bamako, Mali**
- 2. Boubacar Amadou DIALLO, École Normale Supérieure de Bamako, Mali**
- 3. N'dji dit Jacques DEMBELE, Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako, Mali**
- 4. Dr. Christian Bâle DIONE, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal**
- 5. Mamadou DIALLO, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal**
- 6. Mamadou THIARE, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal**
- 7. Mamadou SANÉ, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal**
- 8. Mamadou SARR, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal**
- 9. Ibou Dramé SYLLA, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal**
- 10. Mamadou SALL, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal**
- 11. Séga, GUÈYE, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal**
- 12. Moussa THIAW, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal**
- 13. Moctar Ndiaga Thioye, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal**
- 14. Guène Faye, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal**
- 15. El Hadji Mouhamadou Dieye, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal**
- 16. Michel SAMBOU, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal**
- 17. Abdoulaye DIOME, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal**
- 18. Ousmane GUEYE, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal**
- 19. Ndeye Fatim SECK, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal**
- 20. Aliou CISSE, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal**

- 21. Seydou Alassane SOW, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal**
- 22. Mahamadou DIAKHITÉ, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal**
- 23. Jean Donatus BAHATI SHABANYERE, ISP-Kalehe Université de Kinshasa**
- 24. Léon HAKIZIMANA KAGABO, Université des Hautes Technologies des Grands Lacs**
- 25. Anne Marie BUUMA WABO, ISP-Kalehe**
- 26. Alain NDUWAYO BASIGARIYE, Université UNICAF à Chypre**
- 27. MUSSA BUJIRIRI Rostand, Université Pédagogique Nationale de Kinshasa**
- 28. Saidou Abdoul DIOP, Université de Bordeaux Montaigne**
- 29. Seydi Diamil NIANE, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal**
- 30. Sall Mohamet, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal**
- 31. ABDULMALIK Ismail, Université d'Ilorin, Nigeria**
- 32. DONGMO Keudeum Adelaide, Université d'Ilorin, Nigeria**
- 33. POOPALA Temitope Falilat, Université d'Ilorin, Nigeria**
- 34. Ousmane SARR, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal/ Université Paris Nanterre**