

N° 5  
Juin  
2026

# GÉOPORO

ISSN : 3005-2165

## Revue de Géographie du PORO



Département de Géographie  
Université Péléforo Gon Coulibaly

[www.geoporo.net](http://www.geoporo.net)

# Indexations



<https://sjifactor.com/passport.php?id=23980>

SJIF 2025 : 5.325



<https://reseau-mirabel.info/revue/21571/Geoporo>



<https://aurehal.archives-ouvertes.fr/journal/read/id/947477>



<https://portal.issn.org/resource/ISSN/3005-2165>

## COMITE DE PUBLICATION ET DE RÉDACTION

### Directeur de publication :

KOFFI Brou Emile, Professeur Titulaire de Géographie, Université Alassane Ouattara

### Rédacteur en chef :

TAPE Sophie Pulchérie, Maître de Conférences en Géographie, Université Peleforo GON COULIBALY

### Membres du secrétariat :

- KONAN Hyacinthe, Maître de Conférences en Géographie, Université Peleforo GON COULIBALY
- Dr DIOBO Kpaka Sabine, Maître de Conférences, Université Peleforo GON COULIBALY
- SIYALI Wanlo Innocents, Maître-assistant en Géographie, Université Peleforo GON COULIBALY
- COULIBALY Moussa, Maître-assistant en Géographie, Université Peleforo GON COULIBALY
- DOSSO Ismaïla, Maître-assistant en Géographie, Université Peleforo GON COULIBALY

## COMITE SCIENTIFIQUE INTERNATIONAL

1. KOFFI Brou Emile, Professeur Titulaire de Géographie, Université Alassane Ouattara (Côte d'Ivoire)
2. YAPI-DIAHOU Alphonse, Professeur Titulaire de Géographie, Université Paris 8 (France)
3. ALOKO-N'GUESSAN Jérôme, Directeur de Recherches en Géographie, Université Felix Houphouët-Boigny (Côte d'Ivoire)
4. VISSIN Expédit Wilfrid, Professeur Titulaire de Géographie, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)
5. ANOH Kouassi Paul, Professeur Titulaire de Géographie, Université Félix -Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire)
6. DIPAMA Jean Marie, Professeur Titulaire de Géographie, Université Joseph KI-ZERBO (Burkina Faso)
7. Sylvain BIGOT, Professeur, Université Grenoble Alpes et Chercheur à l'institut des Géosciences de l'Environnement (France)
8. EDINAM Kola, Professeur Titulaire de Géographie, Université de Lomé (Togo)
9. BIKPO-KOFFIE Céline Yolande, Professeur Titulaire de Géographie, Université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire)
10. GIBIGAYE Moussa, Professeur Titulaire de Géographie, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)
11. VIGNINOUS Toussaint, Professeur Titulaire de Géographie, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)

12. ASSI-KAUDJHIS Joseph, Professeur Titulaire de Géographie, Université Alassane Ouattara (Côte d'Ivoire)
13. -SOKEMAWU Koudzo, Professeur Titulaire de Géographie, Université de Lomé (Togo)
14. -MENGHO Maurice Boniface, Professeur Titulaire, Université de Brazzaville (République du Congo)
15. -NASSA Dadié Désiré Axel, Professeur Titulaire de Géographie, Université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire)
16. BROU Yao Telesphore, Professeur, Université de la Réunion (France)
17. -KISSIRA Aboubakar, Professeur Titulaire de Géographie, Université de Parakou (Benin)
18. KABLAN Hassy N'guessan Joseph, Professeur Titulaire de Géographie, Université Felix Houphouët- Boigny, (Côte d'Ivoire)
19. VISSOH Sylvain, Professeur Titulaire de Géographie, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)
20. DIBI-ANOAH Pauline, Professeur Titulaire de Géographie, Université Felix Houphouët- Boigny, (Côte d'Ivoire)
21. LOBA Akou Franck Valérie, Professeur Titulaire de Géographie, Université Felix Houphouët- Boigny, (Côte d'Ivoire)
22. MOUNDZA Patrice, Professeur Titulaire de Géographie, Université Marien N'Gouabi (Congo)
23. Jürgen RUNGE, Professeur titulaire de Géographie physique et Géoécologie, Goethe-University Frankfurt Am Main (Allemagne)
24. YANOGO Pawendkissgou Isidore, Professeur Titulaire de Géographie, Université Norbert ZONGO (Burkina Faso)

### COMITE DE LECTURE INTERNATIONALE

1. KOFFI Simplicie Yao, Maître de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
2. Sandra ROME, Maître de Conférences, Université Grenoble Alpes (France)
3. KOFFI Yeboué Stéphane Koissy, Maître de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
4. KOUADIO Nanan Kouamé Félix, Maître de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire),
5. KRA Kouadio Joseph, Maître de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire),
6. TAPE Sophie Pulchérie, Maître de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
7. ZOUHOULA Bi Marie Richard Nicetas, Maître de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
8. ALLA kouadio Augustin, Maître de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
9. DINDJI Médé Roger, Maître de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
10. DIOBO Kpaka Sabine Epse Doudou, Maître de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
11. KOFFI Lath Franck Eric, Maître de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)

12. KONAN Hyacinthe, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
13. KOUDOU Dogbo, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
14. SILUE Pebanangnanan David, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
15. FOFANA Lancina, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
16. GOGOUA Gbamain Franck, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
17. ASSOUMAN Serge Fidèle, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
18. DAGNOGO Foussata, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
19. KAMBIRE Sambu, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
20. KONATE Djibril, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
21. ASSUE Yao Jean Aimé, Maitre de Conférences en Géographie, Université Alassane Ouattara (Côte d'Ivoire)
22. GNELE José Edgard, Maitre de conférences en Géographie, université de Parakou (Benin)
23. KOFFI Yao Jean Julius, Maitre de Conférences, Université Alassane Ouattara, (Côte d'Ivoire)
24. -MAFOU Kouassi Combo, Maitre de Conférences en Géographie, Université Jean Lorougnon Guédé (Côte d'Ivoire)
25. SODORE Abdoul Azise, Maître de Conférences en Géographie, Université Joseph KI-ZERBO (Burkina Faso)
26. ADJAKPA Tchékpo Théodore, Maître de Conférences en Géographie, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)
27. BOKO Nouvewa Patrice Maximilien, Maitre de Conférences en Géographie, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)
28. YAO Kouassi Ernest, Maitre de Conférences en Géographie, Université Jean Lorougnon Guédé (Côte d'Ivoire)
29. RACHAD Kolawolé F.M. ALI, Maître de Conférences, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)
30. DIOMANDE Gondo, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)

### 1. Le manuscrit

Le manuscrit doit respecter la structuration habituelle du texte scientifique : **Titre** (en français et en anglais), **Coordonnées de(s) auteur(s)**, **Résumé et mots-clés** (en français et en anglais), **Introduction** (Problématique ; Objectif(s) et Intérêt de l'étude compris) ; **Outils et Méthodes** ; **Résultats** ; **Discussion** ; **Conclusion** ; **Références bibliographiques**. **Le nombre de pages du projet d'article** (texte rédigé dans le logiciel Word, Book antiqua, taille 11, interligne 1 et justifié) **ne doit pas excéder 15**. Écrire les noms scientifiques et les mots empruntés à d'autres langues que celle de l'article en italique. En dehors du titre de l'article qui est en caractère majuscule, tous les autres titres doivent être écrits en minuscule et en gras (Résumé, Mots-clés, Introduction, Résultats, Discussion, Conclusion, Références bibliographiques). Toutes les pages du manuscrit doivent être numérotées en continu. Les notes infrapaginales sont à proscrire.

#### Nota Bene :

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

-Tous les nom et prénoms des auteurs doivent être entièrement écrits dans les références bibliographiques.

-La pagination des articles et chapitres d'ouvrage, écrire p. 16 ou p. 2-45, par exemple et non pp. 2-45.

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

-Eviter de faire des retraits au moment de débiter les paragraphes.

-Plan : Titre, Coordonnées de(s) auteur(s), Résumé, Introduction, Outils et méthode, Résultats, Discussion, Conclusion, Références Bibliographiques.

-L'année et le numéro de page doivent accompagner impérativement un auteur cité dans le texte (Introduction – Méthodologie – Résultats – Discussion). Exemple : S. Y. KOFFI *et al.* (2023, p35), (B. M. R. N. ZOUHOULA, 2021, p7).

#### 1.1. Le titre

Il doit être explicite, concis (16 mots au maximum) et rédigé en français et en anglais (Book Antiqua, taille 12, Lettres capitales, Gras et Centré avec un espace de 12 pts après le titre).

#### 1.2. Le(s) auteur(s)

Le(s) NOM (s) et Prénom(s) de l'auteur ou des auteurs sont en gras, en taille 10 et aligner) gauche, tandis que le nom de l'institution d'attache, l'adresse électronique et le numéro de téléphone de l'auteur de correspondance doivent apparaître en italique, taille 10 et aligner à gauche.

### **1.3. Le résumé**

Il doit être en français (250 mots maximum) et en anglais. Les mots-clés et les keywords sont aussi au nombre de cinq. Le résumé, en taille 10 et justifié, doit synthétiser le contenu de l'article. Il doit comprendre le contexte d'étude, le problème, l'objectif général, la méthodologie et les principaux résultats.

### **1.4. L'introduction**

Elle doit situer le contexte dans lequel l'étude a été réalisée et présenter son intérêt scientifique ou socio-économique.

L'appel des auteurs dans l'introduction doit se faire de la manière suivante :

-Pour un seul auteur : (B. M. R. N. ZOUHOULA, 2021, p7) ou B. M. R. N. ZOUHOULA (2021, p7)

-Pour deux (02) auteurs : (K. S. DIOBO et S. P. TAPE, 2018, p202) ou K. S. DIOBO et S. P. TAPE (2018, p202)

-Pour plus de deux auteurs : (S. Y. KOFFI *et al.*, 2023, p35) ou S. Y. KOFFI *et al.* (2023, p35)

Le texte est en Book antiqua, Taille 11 et justifié.

### **1.5. Outils et méthodes**

L'auteur expose l'approche méthodologique adoptée pour l'atteinte des résultats. Il présentera donc les outils utilisés, la technique d'échantillonnage, la ou les méthode(s) de collectes des données quantitatives et qualitatives. Le texte est en Book antiqua, Taille 11 et justifié.

### **1.6. Résultats**

L'auteur expose les résultats de ses travaux de recherche issus de la méthodologie annoncée dans "Outils et méthodes" (pas les résultats d'autres chercheurs).

Les titres des sections du texte doivent être numérotés de la façon suivante : 1. Premier niveau, premier titre (Book antiqua, Taille 11 en gras), 1.1. Deuxième niveau (Book antiqua, Taille 11 gras italique), 1.1.1. Troisième niveau (Book antiqua, Taille 11 italique). Le texte est en Book antiqua, Taille 11 et justifié.

### **1.7. Discussion**

Elle est placée avant la conclusion. Le texte est en Book antiqua, Taille 11 et justifié. L'appel des auteurs dans la discussion doit se faire de la manière suivante :

-Pour un auteur : (B. M. R. N. ZOUHOULA, 2021, p7) ou B. M. R. N. ZOUHOULA (2021, p7)

-Pour deux (02) auteurs : (K. S. DIOBO et S. P. TAPE, 2018, p202) ou K. S. DIOBO et S. P. TAPE (2018, p202)

-Pour plus de deux auteurs : (S. Y. KOFFI *et al.*, 2023, p35) ou S. Y. KOFFI *et al.* (2023, p35)

## 1.8. Conclusion

Elle doit être concise et faire le point des principaux résultats. Le texte est en Book antiqua, Taille 11 et justifié.

## 1.9. Références bibliographiques

Elles sont présentées en taille 10, justifié et par ordre alphabétique des noms d'auteur et ne doivent pas excéder 15. Le texte doit être justifié. Les références bibliographiques doivent être présentées sous le format suivant :

Pour les ouvrages et rapports : AMIN Samir, 1996, Les défis de la mondialisation, Paris, L'Harmattan.

Pour les articles scientifiques, thèses et mémoires : TAPE Sophie Pulchérie, 2019, « *Festivals culturels et développement du tourisme à Adiaké en Côte d'Ivoire* », Revue de Géographie BenGéO, Bénin, 26, pp.165-196.

Pour les articles en ligne : TOHOZIN Coovi Aimé Bernadin et DOSSOU Gbedegbé Odile, 2015 : « *Utilisation du Système d'Information Géographique pour la restructuration du Sud-Est de la ville de Porto-Novo, Bénin* », Afrique Science, Vol. 11, N°3, <http://www.afriquescience.info/document.php?id=4687>. ISSN 1813-548X, consulté le 10 janvier 2023 à 16h.

Les noms et prénoms des auteurs doivent être écrits entièrement.

## 2. Les illustrations

Les tableaux, les figures (carte et graphique), 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 (centré), placé en-dessous de l'élément d'illustration (Taille 10). La source (centrée) est indiquée en-dessous du titre de l'élément d'illustration (Taille 10). Ces éléments d'illustration doivent être : i. Annoncés, ii. Insérés, iii. Commentés dans le corps du texte. Les cartes doivent impérativement porter la mention de la source, de l'année et de l'échelle. Le manuscrit doit comporter impérativement au moins une carte (Carte de localisation du secteur d'étude).

## Indexations



<https://sjifactor.com/passport.php?id=23980>

SJIF 2025 : 5.325



<https://reseau-mirabel.info/revue/21571/Geoporo>



<https://aurehal.archives-ouvertes.fr/journal/read/id/347477>



<https://portal.issn.org/resource/ISSN/3005-2165>

## SOMMAIRE

1	<a href="#"><u>ANALYSE STATISTIQUE DES PARAMETRES MORPHOMETRIQUES DU BASSIN ET SOUS-BASSINS VERSANTS DE LA LOEME AU SUD-OUEST DE LA REPUBLIQUE DU CONGO</u></a> NGOUALA MABONZO Médard N° Page : 1-13
2	<a href="#"><u>DYNAMIQUE DÉMOGRAPHIQUE ET BESOINS EN EAU POTABLE DANS LA COMMUNE D'ALLADA</u></a> NGOUALA MABONZO Médard N° Page : 14-27
3	<a href="#"><u>SYSTEMES D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE (SIG) ET ACTIVITÉS DE DURABILITÉ POUR LA PRÉSERVATION DES ZONES ET/OU AIRES PROTÉGÉES DE LA SOCIÉTÉ AFRICAINE DE CACAO (SACO) AUPRÈS DE SES COOPÉRATIVES</u></a> ZOMBO Jean Philippe N° Page : 28-39
4	<a href="#"><u>INCIDENCES DE LA DISPARITE DE L'OFFRE DE TRANSPORT SUR LA MOBILITE ENTRE LES COMMUNES DE THIONCK-ESSYL ET DE SANTHIABA MANJAQUE (REGION DE ZIGUINCHOR, SUD-OUEST DU SENEGAL)</u></a> COLY Roger, NDOUR Salemond, SENE Abdourahmane Mbade N° Page : 40-55
5	<a href="#"><u>POLITIQUES URBAINES ET EQUIPEMENT DE LA VILLE DE VAVOUA AU CENTRE OUEST DE LA CÔTE D'IVOIRE</u></a> ASSANGBE Clarisse YAO Kouassi Ernest N° Page : 56-70
6	<a href="#"><u>VOLS DE MOTO DANS LA VILLE DE TOUMODI : ENJEUX, DÉFIS ET PERSPECTIVES</u></a> AFFORO Guy Matthieu Ettien, N'GUETTA Yah Edwige Bénédicte épouse GBOKO, SYLLA Makémisa, KOFFI Brou Émile N° Page : 71-83
7	<a href="#"><u>RYTHME CLIMATIQUE ET EVOLUTION DES MALADIES LIEES A L'EAU A PARAKOU</u></a> AHODJIDE Soulémane, KOMBIENI M. Frédéric, VODOUNOU K. Jean-Bosco N° Page : 84-100
8	<a href="#"><u>EXPLOITATION DU BOIS-ÉNERGIE ET VULNÉRABILITÉ DES ÉCOSYSTÈMES DE SAVANE DANS LA COMMUNE DE OUAHIGOUYA AU NORD DU BURKINA FASO</u></a> OUOBA Pounyala Awa N° Page : 84-113
9	<a href="#"><u>IMPACT DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LA BIOMASSE DANS LA RESERVE DE BIOSPHERE DE GADABEDJI AU CENTRE SUD DU NIGER</u></a> IBRAHIM MOUSSA Saidou, MAHAMADOU MOUDI Rachid, SOULEY Kabirou N° Page : 114-124
10	<a href="#"><u>VARIABILITÉ PLUVIOMÉTRIQUE ET PRODUCTION DE LA MANGUE DANS LE DÉPARTEMENT DE FERKESSÉDOUGOU (NORD DE LA CÔTE D'IVOIRE)</u></a> SILUE Wongnigue, ASSEMIAN Assiè Emile, KOFFI Kan Alexis N° Page : 125-138
11	<a href="#"><u>DYNAMIQUE DES PARCOURS DE LA ZONE PASTORALE DE NIISSA AU BURKINA FASO</u></a> ZONGO Abdoul Rasmané, YARGA Hahadoubouga Paul, KOLLOGO Philippe, OUÉDRAOGO Lucien, YAMÉOGO Lassane N° Page : 139-153

12	<a href="#"><u>DISTRIBUTION ECOLOGIQUE DE VITEX DONIANA (SWEET) ET PRESSIONS ANTHROPIQUES DANS LA BASSE VALLEE DE L'OUEME AU SUD EST DU BENIN</u></a> PANOUMASSI MINNAHI CAROL WESLEY, ODJOUBERE JULES N° Page : 154-168
13	<a href="#"><u>TENDANCES DES TEMPERATURES ET DES PLUIES EXTREMES EN AFRIQUE DE L'OUEST : CAS DE LA STATION SYNOPTIQUE DE LOME, GRAND LOME, TOGO</u></a> Kossi KOMI N° Page : 169-179
14	<a href="#"><u>SYSTEME DE REGULATION DU FONCIER DANS LA COMMUNE URBAINE DE BIRNI N'GAOURE (REGION DE DOSSO)</u></a> HASSANE SALEY Alimatou, DAMBO Lawali, ANDRES Ludovic N° Page : 180-192
15	<a href="#"><u>CONTRIBUTION DES FEMMES ET DES JEUNES DANS LA REALISATION DES AMENAGEMENTS HYDROAGRIQUES ET LEUR ACCES A LA TERRE : CAS DE LA COMMUNE RURALE DE KAMBILA, CERCLE DE KATI, AU MALI</u></a> Antoinette AKPLOGAN, Modibo Zoumana COULIBALY, Bagara Z. COULYBALY N° Page : 193-206
16	<a href="#"><u>IMPACTS DES PRATIQUES AGROPASTORALES SUR LA QUALITÉ DES RESSOURCES EN EAU DE LA COMMUNE DE QUINHI</u></a> GANDJI Gbènanpon Constantin, OGOUWALE Romaric, YABI Ibouaïma N° Page : 207-221
17	<a href="#"><u>LES DÉTERMINANTS DE LA DÉPERDITION SCOLAIRE DANS LA SOUS PRÉFECTURES DE DABOU</u></a> One Enoc GUEDE N° Page : 222-236
18	<a href="#"><u>OBSTACLES À LA CULTURE NUMÉRIQUE DANS LES ÉTABLISSEMENTS SECONDAIRES DE LA VILLE DE YAMOISSOUKRO (CENTRE DE LA CÔTE D'IVOIRE)</u></a> KOFFI Yao Julien N° Page : 237-250
19	<a href="#"><u>LE ROBINET, UN COMMUN À GÉRER DANS LES CÉLIBATORIUM DE LA VILLE DE KOUDOUGOU (BURKINA FASO)</u></a> Abdoul Karim BAZIE N° Page : 251-259
20	<a href="#"><u>ANALYSE DE CORRELATION ENTRE L'ANTHROPISATION DES SOLS ET LA VARIABILITE CLIMATIQUE DANS LE DEPARTEMENT DE JACQUEVILLE</u></a> ZONKOUAN- KOUAME Badjo Ruth Virginia N° Page : 260-270
21	<a href="#"><u>CROISSANCE DE L'ÉGLISE VASES D'HONNEUR À ABIDJAN : ENTRE TERRITOIRES, RÉSEAUX ET STRATÉGIES D'EXPANSION</u></a> YAO Adou Yao Emmanuel, NASSA Dabié Désiré Axel N° Page : 271-286
22	<a href="#"><u>CONTRASTES GRANULOMETRIQUES ET RESILIENCE COTIERE ENTRE MBOUR ET DJIFFER (PETITE-COTE, SENEGAL)</u></a> Djiby YADE, Mamadou THIOR, Tidiane SANE, Ibra FAYE, El hadji Balla Dieye N° Page : 287-302
23	<a href="#"><u>PERMANENCES ET DIVERSITES RITUELLES DU POST-PARTUM EN COTE D'IVOIRE : ÉTUDE COMPARATIVE CHEZ LES PEUPLES SENOULO, EBRIE ET BAOULE</u></a>

	Aya Larissa Clotilde N'GUESSAN, Boua André AOUA, Yao Jean-Aimé ASSUE N° Page : 303-313
24	<a href="#"><u>CRISES CLIMATIQUES ET STRATEGIES DE RESILIENCE DES PRODUCTEURS PAR LES VARIETES A CYCLE COURT DANS LE POLE DE DEVELOPPEMENT AGRICOLE 5 (BENIN)</u></a> Guy Cossi WOKOU N° Page : 314-328
25	<a href="#"><u>PROFIL EPIDEMIOLOGIQUE ET CHOIX THERAPEUTIQUES LIES AUX PRATIQUES MECANIQUES CHEZ LES REPARATEURS AUTO-MOTO A KORHOGO</u></a> Faustin GUEI, YEDONOU GBO Brou Emmanuel, Didier Kouamé KONAN, Émile Brou KOFFI N° Page : 329-342
26	<a href="#"><u>CRISE SECURITAIRE ET INSECURITE ALIMENTAIRE DES POPULATIONS DANS LA COMMUNE DE KAYA AU BURKINA FASO</u></a> Dobéni Abdoulaye DOFINI, Dayangnéwendé Edwige NIKIEMA, Pawendkigou Isidore YANOOGO N° Page : 343-356
27	<a href="#"><u>IMPACT DES VARIATIONS CLIMATIQUES SUR LA CULTURE DU RIZ DANS LA REGION DE GBÊKÊ : ANALYSE DU BILAN HYDRIQUE PAR FACETTE TOPOGRAPHIQUE</u></a> Christian Michel LATH, Saï Pou SOUMAHORO, Kouakou Jonathan GNIAMIEN N° Page : 357-371
28	<a href="#"><u>COOPÉRATION DÉCENTRALISÉE : QUEL PROFIL INSTITUTIONNEL DES ONG DE BOUAKÉ ? (CENTRE DE LA CÔTE D'IVOIRE)</u></a> SILUE Yessongui Lucien, KOUAKOU Bah N° Page : 372-386
29	<a href="#"><u>VALORISATION DE BIOGAZ DANS LES UNITES DE TRANSFORMATION DU MANIOC EN GARI DANS LA COMMUNE DE KETOU AU SUD BENIN</u></a> Cyrille TCHAKPA N° Page : 387-395
30	<a href="#"><u>L'EXPLOITATION ARTISANALE DU GRAVIER PAR LES FEMMES, DANS LA VILLE DE TAHOUA</u></a> IBRAHIM Younoussi N° Page : 396-409
31	STRATEGIES DE GESTION DURABLE DE LA FILIERE SEL DANS LES TERROIRS DE BASSE ET MOYENNE CASAMANCE (SUD DU SENEGAL) COLY Kémo, SANE Yancouba, FALL Aïdara Chérif Amadou Lamine, DIOP Mame Diarra N° Page : 410-422
32	<a href="#"><u>RESEAUX, DYNAMIQUES MIGRATOIRES ET INTEGRATION SOCIOÉCONOMIQUE DES RESSORTISSANTS BURKINABÉS VERS/À ABIDJAN</u></a> Konan Talibet Kouacou Yves-Rhodrigue, KOUADIO Datté Anderson, Aloko-N'Guessan Jérôme N° Page : 423-437
33	<a href="#"><u>PRATIQUES D'AMENAGEMENT : ENTRE DIVERSITE ET HOMOGENEITE VEGETALE SUR LES SITES ETUDIÉS DE BADAGUICHIRI, NIGER</u></a> Sala Harouna Yanoussa, Bahari Ibrahim Mahamadou N° Page : 438-452
34	BONNES PRATIQUES A PRENDRE EN COMPTE POUR MONTER UN SYSTEME DURABLE EN APICULTURE DANS LE NORD-BENIN Estelle Carine F. AKPOVO, Euloge OGOUWALE, Pocoun Damè KOMBIENOU N° Page : 453-467
35	<a href="#"><u>GESTION COMMUNAUTAIRE DES RESSOURCES EN EAU DU SOUS-BASSIN DE SISSILI (LAN ET KONZIO) AU BURKINA FASO</u></a> Fatimata SANOGO, Fatoumata KABORE, Ignace BAGRE, Blami DIALLO

	N° Page : 468-480
36	<b><u>HERITAGES COLONIAUX ET EVOLUTION DES MODES DE GESTION DES RESERVES DE FAUNE DE BONTIOLI, BURKINA FASO</u></b> SOME Touobèwèrè Noël N° Page : 481-492
37	<b><u>EFFETS ENVIRONNEMENTAUX DES SYSTÈMES DE PRODUCTION AGRICOLE DANS LA COMMUNE DE DJIDJA AU SUD BÉNIN</u></b> GUEDENON Dèhou Janvier, DOVONOU Sègbégnon Nicole, IDRISOU Akim Babatoundé, GIBIGAYE Moussa N° Page : 493-507
38	<b><u>HABITAT ET EXPOSITION A LA CHALEUR : ANALYSE COMPARATIVE DES QUARTIERS PRECAIRES ET RESIDENTIELS A ABIDJAN (COTE D'IVOIRE)</u></b> Salif Sangare, Brama Kone, Adja Ferdinand Vanga, Etienne Yao Kouakou, Madina Doumbia, Iba Dieudonné Dely, Guéladio Cissé N° Page : 508-519
39	<b><u>OCCUPATION DU SOL ET CONFORT THERMIQUE EN MILIEU TROPICAL URBAIN : UNE ANALYSE SPATIALE DES JOURNEES CHAUDES A ABIDJAN</u></b> Yao Anicet ZOUZOU, Iba Dieudonné DELY, Brama KONE, Madina DOUMBIA, Bernard Ossey YAPO, Guéladio CISSÉ N° Page : 520-534
40	<b><u>ALIMENTATION DES POPULATIONS EN PERIODE DE SOUDURE DANS LA SOUS-PREFECTURE DE SIRASSO (région du Poro)</u></b> YEO Bèh N° Page : 535-547
41	<b><u>PERCEPTION PAYSANNE DES POTENTIALITÉS FERTILISANTES DES LIGNEUX DANS LE SYSTÈME PARCS AGROFORESTIERS DE KOKOLOGHO (PROVINCE DU BOULKIEMDÉ : BURKINA FASO)</u></b> Joël OUEDRAOGO, Frédéric BATIONO, Zelbié BASSOLE, Yélézouomin Stéphane Corentin SOME No Page : 548-559
42	<b><u>TRANSFORMATIONS URBAINES A DIEGONEFLA : CROISSANCE SPATIALE, MUTATIONS SOCIO-ECONOMIQUES ET ENJEUX DE GOUVERNANCE LOCALE</u></b> N'Dri Ernest KOUADIO, Abou DIABAGATE, Brice Lauria Amani KOUADIO N° Page : 560-574
43	<b><u>DYNAMIQUE DE LA CULTURE DE L'ANACARDE ET EMERGENCE DES CONFLITS RURAUX DANS LA SOUS-PREFECTURE DE KARAKORO</u></b> YÉO Watagaman Paul, YÉO Siriki, YÉO Navanhan, Arsène DJAKO N° Page : 575-587
44	<b><u>VULNERABILITE DES EXPLOITATIONS AGRICOLES FACE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES DANS LE DEPARTEMENT DU COUFFO (BÉNIN, AFRIQUE DE L'OUEST)</u></b> MAMA Justin A., WOKOU Guy, YABI Ibouaïma N° Page : 588-602
45	<b><u>SAISONNALITÉ CLIMATIQUE ET PRÉVALENCE DU PALUDISME DANS LA SOUS-PRÉFECTURE DE SAMANZA (EST DE LA CÔTE D'IVOIRE)</u></b> KOFFI Kouadio Achille, KOFFI Kan Alexis, KOUASSI Yao Dieudonné N° Page : 603-617
46	<b><u>DEVELOPPEMENT DES ACTIVITES COMMERCIALES INFORMELLES ET MUTATIONS DU PAYSAGE URBAIN DE YAMOOUSSOKRO EN CÔTE D'IVOIRE</u></b> Moussa KONE N° Page : 618-628

47	<a href="#"><u>CONTRAINTES A LA GESTION ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE DES PROJETS D'AMENAGEMENTS HYDROAGRIQUES A ADJOHOUN DANS LA BASSE MOYENNE VALLEE DE L'OUEME AU BÉNIN</u></a> BASSAOU Razakou, ISSA Mama-Sanni, DJESSONOU Sèngla Franco-Néo Camus, OGOUWALÉ Euloge N° Page : 629-642
48	<a href="#"><u>CONTEXTE DE L'AVÈNEMENT DES EXPLOITATIONS AURIFÈRES SEMI MÉCANISÉES EN CÔTE D'IVOIRE : CAS DE L'EXPLOITATION ILLÉGALE DE LA MINE DE PAPARA</u></a> DOH Franck Thibaut, KONAN Hyacinthe Kouame N° Page : 643-655
49	<a href="#"><u>ENSEIGNANT ROBOT ET RESPONSABILISATION DU SUJET APPRENANT</u></a> KOUASSI Kouakou Valère N° Page : 656-669
50	<a href="#"><u>STRATEGIES DE GESTION DURABLE DE LA FILIERE SEL DANS LES TERROIRS DE BASSE ET MOYENNE CASAMANCE (SUD DU SENEGAL)</u></a> COLY Kémo, SANE Yancouba, FALL Aïdara Chérif Amadou Lamine, DIOP Mame Diarra N° Page : 670-681
51	<a href="#"><u>REGARD CRITIQUE SUR LA TYPOLOGIE DES PRODUITS UTILISÉS DANS L'ACTIVITÉ DE TEINTURERIE ARTISANALE DE BAZIN ET RISQUES SANI TAIRES : CAS DU QUARTIER HABITAT-EXTENSION, DANS LA COMME D'ADJAMÉ (CÔTE D'IVOIRE)</u></a> SYLLA Yaya N° Page : 682-691
52	<a href="#"><u>SAISONNALITÉ CLIMATIQUE ET PRÉVALENCE DU PALUDISME DANS LA SOUS-PRÉFECTURE DE SAMANZA (EST DE LA CÔTE D'IVOIRE)</u></a> KOFFI Kouadio Achille, KOFFI Kan Alexis, KOUASSI Yao Dieudonné N° Page : 692-705
53	<a href="#"><u>INEGALITES DE GENRE ET ACCÈS AU FONCIER AGRICOLE DES FEMMES RURALES DE LA SOUS-PREFECTURE DE SOUBRE (COTE D'IVOIRE)</u></a> Akotto Urich Odilon ASSI N° Page : 706-716
54	<a href="#"><u>DYNAMIQUE DÉMOGRAPHIQUE ET MOBILITÉ URBAINE DANS UNE LOCALITÉ EN MUTATION : LE CAS DE NAPIÉLÉDOUGOU (NORD DE LA CÔTE D'IVOIRE)</u></a> KOFFI Lath Franck-Éric N° Page : 717-728
55	<a href="#"><u>PH, CONDUCTIVITÉ ÉLECTRIQUE ET GRANULOMÉTRIE DES SOLS AGRICOLES APRÈS AMÉNAGEMENTS DU MARIGOT DE BIGNONA AU SENEGAL</u></a> Léopold Mougabie BADIANE, Babacar Sadikh YATTE, Boubou Aldiouma SY, Adrien COLY N° Page : 729-742
56	<a href="#"><u>CADRES LÉGISLATIF ET RÉGLEMENTAIRE DE L'ACCÈS AU FONCIER ET À L'IMMOBILIER À N'DJAMÉNA AU TCHAD : ENTRE NORMES FORMELLES ET PRATIQUES INFORMELLES</u></a> Labary KIRBÉ, N'Dilbé TOB-RO, Ernest HAOU N° Page : 743-757
57	<a href="#"><u>LES IMPACTS DE LA COUPE D'AFRIQUE DES NATIONS 2023 SUR LES ACTIVITES TOURISTIQUES EN COTE D'IVOIRE</u></a> KLO Fagama N° Page : 758-767
58	REVENU, GENRE ET TERRITOIRE : LES LEVIERS SOCIO-ÉCONOMIQUES DE

	<p><a href="#"><u>L'ACTION CLIMATIQUE DES MÉNAGES RIVERAINS DE LA FORÊT DE WARI-MARO AU BÉNIN</u></a> Raïssa Chimène JEKINNOU, Maman-Sani ISSA, Moussa WARI ABOUBAKAR N° Page : 768-777</p>
59	<p><a href="#"><u>USAGE DES MEDIAS SOCIAUX DANS LA COMMUNICATION PUBLIQUE DU DISTRICT AUTONOME D'ABIDJAN EN COTE D'IVOIRE.</u></a> OKOU DENIS ROMEO BOLOU N° Page : 778-790</p>
60	<p><a href="#"><u>LA MASSIFICATION DANS LES ÉTABLISSEMENTS D'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE PUBLIC DANS LA VILLE DE BOUAKE</u></a> Amenan Justine KOUADIO, Zady Edouard ZOGBO, Konan KOUASSI, Arsène DJAKO N° Page : 791-783</p>
61	<p><a href="#"><u>DYNAMIQUES DES PRESSIONS ANTHROPIQUES ET RISQUES ENVIRONNEMENTAUX MULTI-SOURCES DANS LES RETENUES D'EAU DU DISTRICT DES SAVANES (CÔTE D'IVOIRE) : DE LA CONTAMINATION PHYSICO-CHIMIQUE À L'IMPASSE DE LA POTABILISATION</u></a> Klo Lydie KONE, Pébanagnanan David SILUE N° Page : 784-798</p>
62	<p><a href="#"><u>ATTITUDES ET PRATIQUES DES USAGERS DE DEUX-ROUES MOTORISÉS À OUAGADOUGOU : UN DÉFI POUR LA SÉCURITÉ ROUTIÈRE</u></a> Stanislas Marie Maximilien BAMAS N° Page : 799-813</p>
63	<p><a href="#"><u>ANALYSE DES RISQUES SANITAIRES ET PREVALENCE DES PATHOLOGIES ENVIRONNEMENTALES CHEZ LES CONSOMMATEURS DE LA VIANDE DE PORC DANS LA COMMUNE DE YOPOUGON (CÔTE D'IVOIRE)</u></a> Mathieu Gnanké NIAMKE N° Page : 814-822</p>

# ANALYSE STATISTIQUE DES PARAMETRES MORPHOMETRIQUES DU BASSIN ET SOUS- BASSINS VERSANTS DE LA LOEME AU SUD-OUEST DE LA REPUBLIQUE DU CONGO

## STATISTICAL ANALYSIS OF THE MORPHOMETRIC PARAMETERS OF THE LOEME BASIN AND SUB-BASINS IN THE SOUTHWEST OF THE REPUBLIC OF CONGO

NGOUALA MABONZO Médard

Institution : Université Marien Ngouabi, adresse électronique : [medardngouala2020@gmail.com](mailto:medardngouala2020@gmail.com), Tél : +242 06 475 00 70

### Résumé

Le bassin versant de la Loémé est un hydrosystème du domaine tropical humide dans sa partie sud de la République du Congo dont les altitudes varient de 43 m (au niveau de l'exutoire dans le même rayon de la confluence avec l'océan atlantique) à 830 m au niveau du mont Mvounougouti. Cet article a pour objectif l'analyse de la corrélation entre des paramètres morphométriques du bassin versant de la Loémé. La méthodologie a consisté à un traitement des paramètres morphométriques pour les différents sous-bassins de la Loémé par une analyse en composantes principales, afin de déterminer les affinités entre ces sous bassins et déduire les paramètres les plus caractéristiques. Cette analyse a permis de mettre en évidence l'interrelation entre les différents paramètres physiographiques et l'individualisation de trois groupes de sous-bassins. Les résultats de l'ACP désignent la superficie, le périmètre, le coefficient de compacité de Gravelius, la longueur équivalente et la largeur équivalente comme paramètres principaux de cette subdivision. L'analyse en Classification Hiérarchique Ascendante (CHA) a permis d'identifier quatre classes des paramètres morphométriques dans l'ensemble du bassin versant de la Loémé.

**Mots clés :** Congo, Loémé, Bassin versant, Analyse en Composantes Principales, Classification Hiérarchique Ascendante.

### Abstract

The Loémé River basin is a humid tropical hydrosystem located in the southern part of the Republic of Congo, with elevations ranging from 43 m (at the outlet, within the same radius as the confluence with the Atlantic Ocean) to 830 m at Mount Mvounougouti. This article aims to analyze the correlation between morphometric parameters and those of the Loémé River basin. The methodology involved processing the morphometric parameters for the different sub-basins of the Loémé using principal component analysis (PCA) to determine the affinities between these sub-basins and deduce the most characteristic parameters. This analysis highlighted the interrelationship between the different physiographic parameters and the identification of three groups of sub-basins. The PCA results identify area, perimeter, Gravelius compactness coefficient, equivalent length, and equivalent width as the main parameters of this subdivision. The analysis using Hierarchical Ascending Classification (HAC) identified four classes of morphometric parameters across the entire Loémé watershed.

**Key words :** Congo, Loémé, Watershed, Principal Component Analysis, Ascending Hierarchical Classification.

### 1. Introduction

Un bassin versant est une unité géographique de collecte des eaux pluviales, des eaux de sources, ainsi que des sédiments produits par l'érosion avant d'être transférés au chenal principal afin de continuer son chemin pour enfin atteindre l'exutoire (IDRISSI S. et TAOUS A., 2022, p.84 ; ENDALEW L. et MULU A., 2023, p.1). Il représente l'unité géographique sur laquelle se base l'analyse du cycle hydrologique pour une gestion optimale des terres, des ressources en eau et la réduction des impacts liés aux catastrophes naturelles sur le développement durable (ABDUL R. et al., 2015, p. 1323). Il est entièrement caractérisé par son

exutoire à partir duquel est tracé la ligne de crête correspondant (mais pas toujours) à la ligne de partage des eaux qui le délimite.

L'analyse morphométrique d'un bassin versant est une démarche importante pour la hiérarchisation des bassins versants même sans tenir compte de la carte des sols. Pour ce faire, on peut recourir à un ensemble de paramètres quantitatifs importants dans la compréhension du dynamisme d'une rivière : superficie, périmètre, longueur, largeur, indice de compacité de Gravelius, indice de pente, pente moyenne du cours d'eau, altitude maximale, altitude minimale (VELTRIET M. *et al.*, 1996, p.138).

Le diagnostic physico-géographique, première étape de la connaissance des bassins versants, permet de caractériser les principaux facteurs naturels intervenant dans les processus de l'écoulement superficiel : facteurs orographiques, morphologiques, lithologiques, climatiques et biogéographiques. Leur interaction est déterminante dans le comportement hydrologique des bassins (BABA-HAMED K. et BOUANAN A., 2016, p.277).

Les paramètres morphologiques ont été obtenus à partir des travaux de Sow (2007). Pour faire une étude statistique prenant en compte 15 variables sur 14 sous bassins, deux questions sont alors soulevées. La première est de choisir des variables complémentaires pour synthétiser au mieux l'information portée par l'ensemble des variables devant une série de données. La deuxième est de trouver une représentation plane de l'ensemble des variables dans un espace réduit permettant une visualisation des liens numériques et de déceler des facteurs latents (FAYE C., 2014, p.112).

Dans ces conditions, il est important d'analyser la morphologie du paysage du bassin versant de la Loémé afin de développer une meilleure gestion et une exploitation rationnelle de ses ressources naturelles. La méconnaissance des caractéristiques physiographiques des bassins et sous-bassins versants de cet espace géographique, qui est en perpétuelle évolution suscite l'intérêt de notre étude. Ce travail a donc pour objectif général d'analyser les caractéristiques de la morphologie du paysage du bassin versant de la Loémé à l'aide des images MNT de 30 m de résolution spatiale. De manière spécifique, il est question de mettre en évidence, les types de reliefs et leurs caractéristiques, notamment, les altitudes, pentes, formes élémentaires et formes des bassins versants du département du Kouilou.

## **2. Méthodologie**

### **2.1. Cadre général d'étude**

Le bassin versant de la Loémé est situé au sud-ouest de la République du Congo, entre les latitudes 4°18'41" et 4°59'39" Sud et les longitudes 12° 8'00" et 12° 30'00" Est (Fig. 1). Il fait partie de deux unités orographiques que constitue la façade maritime du Congo à savoir la chaîne du Mayombe et la plaine côtière.

Du point de vue géologique, le Mayombe est entièrement constitué de formations de soubassement ayant plusieurs orogénèses d'âge précambrien. Ses sols sont rangés dans la catégorie des sols ferrallitiques moyennement désaturés, très dénaturés et extrêmement désaturés, appauvris sur matériaux sableux à sablo- argileux de la série de cirques, rajeunis sur pente, peu évolués d'érosion locale, et aptes à l'agriculture traditionnelle sur une surface importante (DADET P., 1969, p.30). Ce bassin versant est dominé par la forêt qui couvre son ensemble.

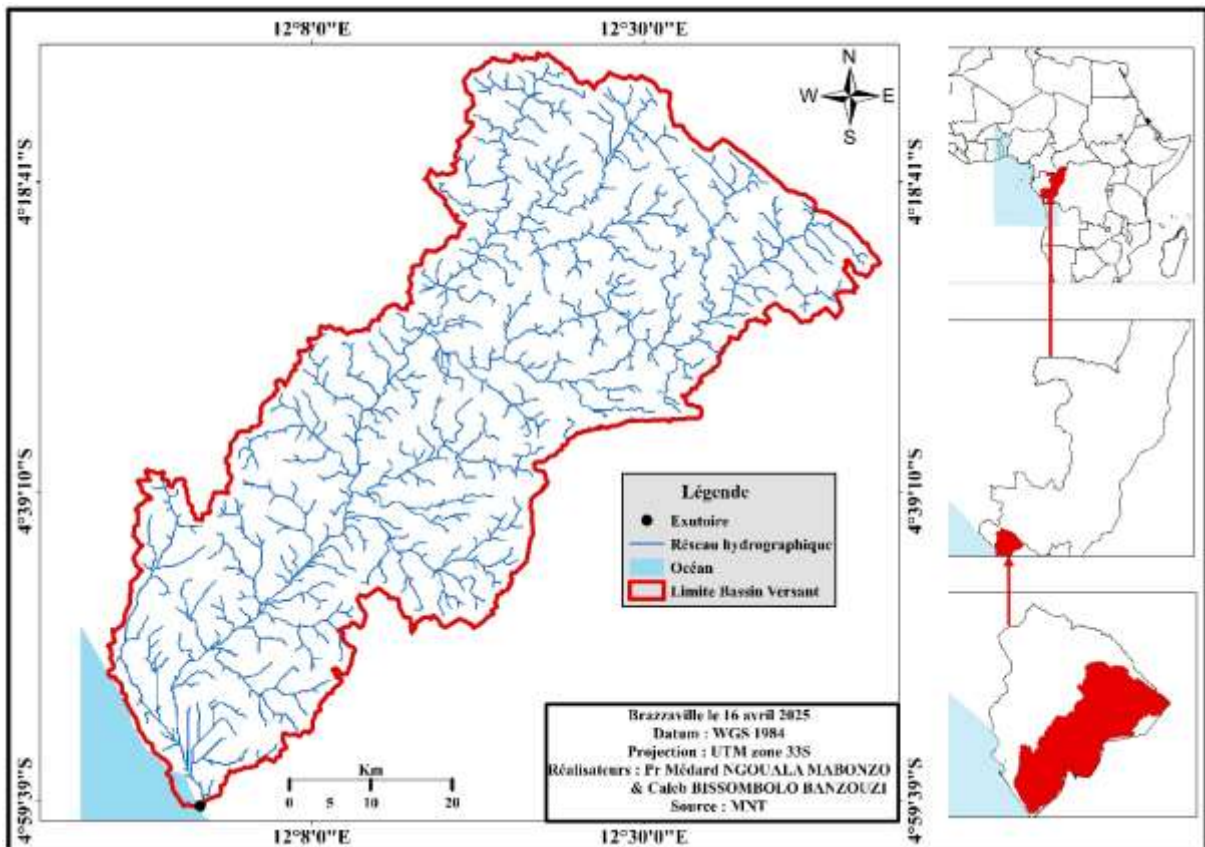


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

Son climat est du type tropical humide caractérisé par une alternance de deux saisons : une saison chaude et pluvieuse qui s'étend de novembre à avril et une saison sèche et fraîche de juin à septembre (SAMBA-KIMBATA M.J., 2002, p.83).

## 2.2. Détermination des paramètres physiques du bassin et sous - bassins versants de la Loémé

La surface et le périmètre des sous-bassins versants de la Loémé ont été déterminés automatiquement à l'aide du logiciel Arcgis 10.8. L'indice de compacité de Gravelius  $K_G$  est appelé également coefficient de forme du bassin versant. Il est défini comme le rapport du périmètre du bassin versant au périmètre d'un cercle de même superficie. Cet indice a été calculé par la l'équation (1) :

$$K_G = \frac{P}{2\sqrt{\pi S}} = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{S}} \quad \text{Equation 1}$$

Avec :  $K_G$  = Coefficient ou indice de compacité de Gravelius ;  $P$  = Périmètre du bassin versant en km;  $S$  = Superficie du bassin versant en  $km^2$  et  $\pi$  = constant 3,14.

La longueur et largeur du rectangle équivalent sont utilisées comme indicateur de la compacité ou de l'allongement de la forme d'un bassin versant (BENZOUAGH B. et al., 2019, p.122). Elles ont été calculées par les équations (2) et (3) :

$$Lr = \frac{K_G \sqrt{A}}{1,12} \left[ 1 + \sqrt{1 - \left( \frac{1,12}{K_G} \right)^2} \right] ; lr = \frac{K_G \sqrt{A}}{1,12} \left[ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{1,12}{K_G} \right)^2} \right] \quad \text{Equations 2 et 3}$$

Avec :  $L_r$  = longueur du rectangle (km) ;  $l_r$  = largeur du rectangle (km) ;  $KG$  = coefficient de Gravelius et  $S$  = surface du bassin versant ( $km^2$ ).

Les altitudes minimales et maximales ont été obtenues directement à partir des MNT de différents sous-bassins versants de la Loémé à l'aide du logiciel QGIS 3.22.13. L'altitude médiane d'un bassin versant correspond à l'altitude lue au point d'abscisse 50% de la surface totale du bassin sur la courbe hypsométrique. L'altitude moyenne a été calculée par l'équation (4), à partir des courbes hypsométriques.

$$H_{moy} = \frac{\sum S_i \cdot H_i}{A} \quad \text{Equation 4}$$

Avec :  $H_{moy}$  = altitude moyenne (m),  $S_i$  = surface de chaque tranche d'altitude ( $km^2$ );  $H_i$  = altitude moyenne de chaque tranche (m) et  $S$  : surface totale du bassin ( $km^2$ ).

L'indice de pente moyenne a été calculé à partir de l'équation (5). C'est le quotient de la différence entre les hauteurs extrêmes par la longueur du rectangle équivalent (BENZOUGAGH B. et al., 2019, p.122).

$$I_{pm} = \frac{H_{max} - H_{min}}{L_r} \quad \text{Equation 5}$$

Avec :  $I_{pm}$  = indice de pente moyenne (en m/km ou %);  $H_{max}$  = altitude maximale (en m);  $H_{min}$  = altitude minimale (en m) et  $L_r$  = longueur de rectangle équivalent (en km).

L'indice de pente globale est défini comme étant le rapport entre la dénivellation et la longueur de rectangle équivalent. Il a été calculé à partir de l'équation (6).

$$I_{pg} = \frac{D_g}{L_r} \quad \text{Equation 6}$$

Avec :  $I_{pg}$  = indice de pente globale (en m/km);  $D_g$  = dénivelée globale (en m) et  $L_r$  = longueur de rectangle équivalent (en km).

La dénivelée globale a été calculée à partir de l'équation (7). Elle donne une idée sur la différence d'altitudes entre l'amont et l'aval d'un bassin versant. Ces altitudes ont été extraites sur les courbes hypsométriques. La dénivelée globale a été calculée à partir de la formule (7). Elle donne une idée sur la différence d'altitudes entre l'amont et l'aval d'un bassin versant. Ces altitudes ont été extraites sur les courbes hypsométriques.

$$D_g = H_{5\%} - H_{95\%} \quad \text{Equation 7}$$

Avec :  $D_g$  = dénivelée globale (en m) ;  $H_{95\%}$  = altitude correspondante à 95% de la superficie totale du bassin versant (en m) et  $H_{5\%}$  = altitude correspondante à 5% de la superficie totale du bassin versant (en m).

La dénivelée spécifique permet de comparer le relief des bassins versants de taille différente. Elle est définie comme étant le produit de l'indice de pente globale par la racine carrée de la surface du bassin versant. La formule (8) a été utilisée pour calculer ce paramètre.

$$D_s = I_{pg} \sqrt{S} \quad \text{Equation 8}$$

Avec :  $D_s$  = dénivelée spécifique (en m);  $I_{pg}$  = indice de pente globale (m/km) et  $S$  = surface du bassin versant ( $km^2$ ).

La densité de drainage correspond au rapport de la longueur totale des thalwegs par la surface du bassin (BENZOUGAGH B. et al., 2019, p.122). Elle a été calculée à partir de l'équation (9).

$$D_d = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{S} \quad \text{Equation 9}$$

Avec :  $D_d$  = densité de drainage en (km/km<sup>2</sup>) ;  $L_i$  = somme des longueurs de tous les thalwegs y compris le thalweg principal (km) et  $S$  = superficie du bassin versant (km<sup>2</sup>).

Rapport de longueur correspond au rapport de longueur moyenne des thalwegs d'ordre « n + 1 » sur la longueur moyenne des thalwegs d'ordre « n ». Ce rapport est calculé par l'équation (10).

$$R_l = \frac{L(n+1)}{L(n)} \quad \text{Equation 10}$$

Avec :  $R_l$  = rapport de longueur ;  $L(n+1)$  = longueur moyenne des cours d'eau d'ordre « n + 1 » en (km) et  $L(n)$  = longueur moyenne des cours d'eau d'ordre « n » en (km).

Rapport de confluence est défini comme un rapport du nombre de cours d'eau d'ordre « n » sur le nombre de cours d'eau d'ordre « n + 1 », équation (11).

$$R_c = \frac{N(n)}{N(n+1)} \quad \text{Equation 11}$$

Avec :  $R_c$  = rapport de confluence des cours d'eau ("bifurcation ratio") ;  $N(n)$  = nombre des cours d'eau d'ordre « n » ;  $N(n+1)$  = nombre des cours d'eau d'ordre suivant « n + 1 ».

La fréquence des cours d'eau est définie comme le nombre total de thalwegs de tous les ordres par unité de surface. Elle a été calculer à partir de la formule (13).

$$F_c = \frac{N_t}{S} \quad \text{Equation 12}$$

Avec :  $F_c$  = fréquence des cours d'eau ;  $N_t$  = nombre total des thalwegs de tous les ordres et  $S$  = surface du bassin versant.

Le coefficient de torrentialité est le produit de la densité de drainage par la fréquence des cours d'eau élémentaire (d'ordre 1) (BENZOUGAGH B. et al., 2019, p.122). Il s'exprime par la formule (14).

$$C_t = D_d \times F_{c1} = D_d \times \frac{N_1}{S}$$

Avec :  $C_t$  = coefficient de torrentialité ;  $D_d$  = densité de drainage (km/km<sup>2</sup>) ;  $F_{c1}$  = Fréquence des cours d'eau d'ordre « 1 » ;  $N_1$  = nombre des cours d'eau d'ordre « 1 » et  $S$  = surface du bassin versant (km<sup>2</sup>).

### 2.3. Méthode d'analyse statistique des données

L'analyse en composantes principales (ACP), une technique statistique largement utilisée (FAYE C., 2014, p.92) qui réduit le nombre de variables à celles qui sont les plus significatives

parmi un ensemble de variables (BABA H.K. et BOUANANI A. ,2016, p.279), a été appliquée à 11 individus (sous-bassins versants) et 14 variables (paramètres physiographiques). Elle permet non seulement de trouver un lien entre les variables et les individus, mais aussi de les regrouper en régions homogènes.

### 3. Résultats

Les résultats des paramètres géométriques, morphométriques et topographiques des bassins et sous-bassins versants de la Loémé sont consignés dans les tableaux 1 et 2. La distribution spatiale des variables est présentée par les Figure 2 et 3. Elle permet d'apprécier la grandeur de chaque paramètre dans la carte factorielle. Les cercles et carrés correspondent aux valeurs normées des différents paramètres dans le plan factoriel.

#### 3.1. Paramètres physiographiques des sous bassins versants

Les caractéristiques physiographiques des bassins et sous-bassins versants sont nécessaires dans la détermination et l'analyse de son comportement hydrologique. Le tableau 1 regroupe l'ensemble des paramètres géométriques et morphométriques du bassin et sous bassins versants de la Loémé.

**Tableau 1** : Paramètres géométriques et morphométries des sous-bassins versants

Bassin versant	S (km <sup>2</sup> )	P (km)	Lr (km)	lr (km)	K <sub>G</sub>
SBVL-0	3400,41	409,07	129,42	45,73	1,96
SBVB-1	66,52	41,76	12,20	6,77	1,43
SBVD-2	62,42	39,51	11,45	6,61	1,40
SBVD-3	133,97	81,90	25,95	9,07	1,98
SBVK1-4	123,03	57,84	16,99	9,16	1,46
SBVK2-5	67,69	54,33	16,97	6,50	1,85
SBVK3-6	201,22	101,89	32,38	11,10	2,01
SBVL1-7	96,03	66,08	20,74	7,72	1,89
SBVL2-8	758,55	166,10	50,81	22,04	1,69
SBVL3-9	221,38	90,05	27,57	11,90	1,69
SBVM-10	245,75	93,91	28,68	12,56	1,68
SBVS-11	98,90	59,43	18,14	7,97	1,67
SBVT-12	72,59	40,60	11,57	7,26	1,33
SBVV-13	83,72	47,21	13,82	7,58	1,44
SBVW-14	41,09	36,33	10,94	5,19	1,59
SBVY-15	43,35	36,12	10,78	5,37	1,54

Avec : S=surface, P=périmètre, K<sub>G</sub>=coefficient ou indice de Gravelius, Lr=longueur du rectangle équivalent et lr=largeur du rectangle équivalent.

L'écoulement de l'eau dans les bassins versants peut être influencé par la dénivelée spécifique, les pentes ainsi que les drainages et les confluences des cours d'eau. Le tableau 2 ci-après regroupe l'ensemble des paramètres orographiques et hydrographiques des sous bassins versants de la Loémé.

**Tableau 2** : Paramètres topographiques des sous-bassins versants de la Loémé

Sous- bassin versant	Ds (Km/Km <sup>2</sup> )	Ipg (m/km)	Dsp (m)	Ipm (m/km)	Hmoy (m)
SBVL-0	0,56	3,31	193,3	6,08	203,75
SBVB-1	2,15	7,21	193,3	12,87	59,73
SBVD-2	2,50	17,5	137,1	31,78	169,05
SBVD-3	1,13	16,95	196,23	22,96	495,81
SBVK1-4	2,14	5,53	61,36	9,53	56,1
SBVK2-5	2,04	4,77	39,26	8,24	59,73
SBVK3-6	2,37	4,48	63,51	5,9	67,83
SBVL1-7	1,57	11,57	113,41	22,23	115,45
SBVL2-8	1,71	8,15	224,4	15,94	238,19
SBVL3-9	1,11	4,2	62,6	10,51	80,57
SBVM-10	1,09	8,37	131,19	13,56	115,45
SBVS-11	1,13	5,67	56,47	8,16	64,3
SBVT-12	1,83	5,47	46,62	7,86	19,72
SBVV-13	1,01	8,6	78,75	11,86	66,17
SVBW-14	2,30	18,38	117,82	33,28	254,61
SBVY-15	2,22	8,44	55,6	15,77	65,03

Avec : Ds = densité de drainage, Ipg = indice de pente globale, Dsp= dénivelée spécifique, Ipm = indice de pente moyenne, Hmoy = altitude moyenne

Les paramètres physiographiques déterminés dans l'ensemble des bassins et sous-bassins versants de la Loémé permettent de montrer que le relief influence directement l'hydrologie, l'érosion, la répartition de l'humidité du sol et la formation du réseau hydrographique. De nombreux paramètres hydrométéorologiques varient avec l'altitude (précipitations, températures, etc.) et la morphologie du bassin. En outre, la pente influe sur la vitesse d'écoulement. Le relief se détermine lui aussi au moyen d'indices ou de caractéristiques.

### 3.2. Analyses statistiques des données physiographiques des sous bassins versants

Une analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée sur les variables suivantes : S, P, L, l, K<sub>G</sub>, H<sub>moy</sub>, D<sub>s</sub>, I<sub>g</sub> et P<sub>moy</sub> sont les paramètres dominants dans l'ensemble du bassin versant de la Loémé. Les deux axes factoriels 1 et 2 expliquent environ 76,05 % de la variance des données. En particulier, le premier axe explique 50,18 %, soit la majorité de la variance des données (Tableau 3).

**Tableau 3** : Valeurs propres et pourcentage de variance exprimée

	F1	F2	F3
<b>Valeur propre</b>	5,519	2,846	1,428
<b>Variabilité (%)</b>	50,177	25,877	12,983
<b>% cumulé</b>	50,177	76,053	89,036

Les deux premiers facteurs (F1-F2) représentent 76,05 % de la variance exprimée. Ils regroupent le maximum de la variance pour traduire exactement la corrélation qui existe entre l'ensemble des paramètres physiographiques des bassins et sous-bassins versant de la Loémé.

**Tableau 4** : Matrice de corrélation entre les variables

Var	S	P	K <sub>G</sub>	L	l	K <sub>G</sub>	H <sub>moy</sub>	D <sub>d</sub>	D <sub>s</sub>	I <sub>g</sub>	P <sub>moy</sub>
S	1										
P	0,981	1									
K <sub>G</sub>	0,390	0,501	1								
L	0,981	1,000	0,514	1							
l	0,977	0,994	0,422	0,992	1						
K <sub>G</sub>	0,390	0,501	1,000	0,514	0,422	1					
H <sub>moy</sub>	0,202	0,253	0,430	0,257	0,226	0,430	1				
D <sub>d</sub>	-	-	-	-	-	-	-	1			
D <sub>s</sub>	0,445	0,481	0,205	0,478	0,498	0,205	0,677	- 0,219	1		
I <sub>g</sub>	- 0,318	- 0,344	0,097	0,341	0,359	0,097	- 0,653	0,268	0,354	1	
P <sub>moy</sub>	-0,287	-0,320	0,148	0,319	0,326	0,148	0,547	0,343	0,341	0,962	1

*S* : Surface, *P* : Périmètre, *K<sub>G</sub>* : Coefficient de Gravelius, *L* : Longueur du rectangle équivalent, *l* : largeur du rectangle équivalent, *H<sub>moy</sub>* : Altitude moyenne ; *I<sub>g</sub>* : Indice global de pente de Roche, *D<sub>d</sub>* : Densité de drainage, *D* : Dénivelée, *D<sub>s</sub>* : Dénivelée spécifique, *P<sub>moy</sub>* : Pente moyenne du bassin versant.

Cette matrice met en évidence une corrélation assez importante entre les paramètres morphométriques. Elle existe également à un degré moindre une corrélation entre les variables telles que **P-L** (1,000) ; **S- P** et **L** (0,981) ; **S- l** (0,977) ; **P- l** (0,994) ; **L- l** (0,992) ; **I<sub>g</sub> - P<sub>moy</sub>** (0,962) ; **H<sub>moy</sub> - D<sub>s</sub>** (0,677) ; **P-K<sub>G</sub>** (0,501) et **K<sub>G</sub>-L** (0,514) (tableau 4). Ces différentes corrélations traduisent l'influence de chaque paramètre dans le fonctionnement et caractérisation de ce bassin versant. L'analyse des variables de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) dans le plan factoriel F1-F2 est présentée par les Figures (2 et 3).

### 3.3. Caractéristiques des paramètres morphométriques (variables) en fonction de trois axes

A chaque paramètre (variable), on associe un point dont la coordonnée sur un axe factoriel est une mesure de la corrélation entre ce paramètre et le facteur (facteur 1 ou facteur 2 ou facteur 3). Par projection sur un plan factoriel, les paramètres morphométriques s'inscrivent dans un plan de côté 2 (Fig. 2 et 3). Elles sont d'autant plus proches du côté du plan que la variable est bien représentée par le plan factoriel, c'est-à-dire que la variable est bien corrélée avec les deux facteurs constituant ce plan.

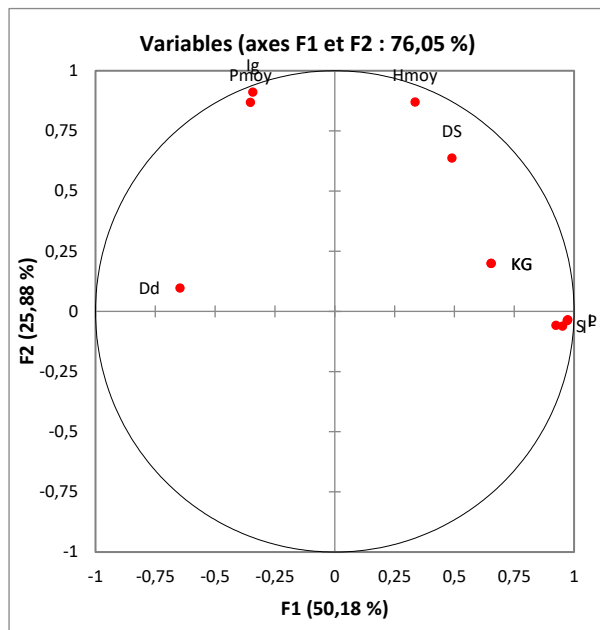


Figure 2 : Diagramme des contributions des paramètres morphométriques au niveau du bassin et sous-bassins versants de la Loémé sur les plans factoriels 1 et 2

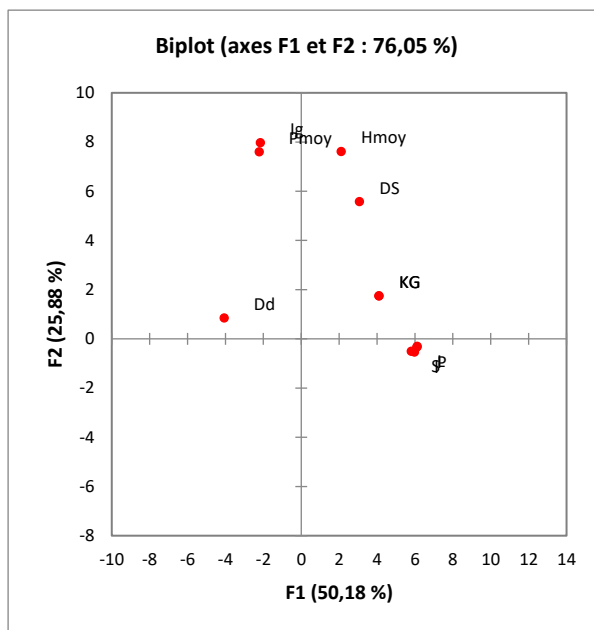


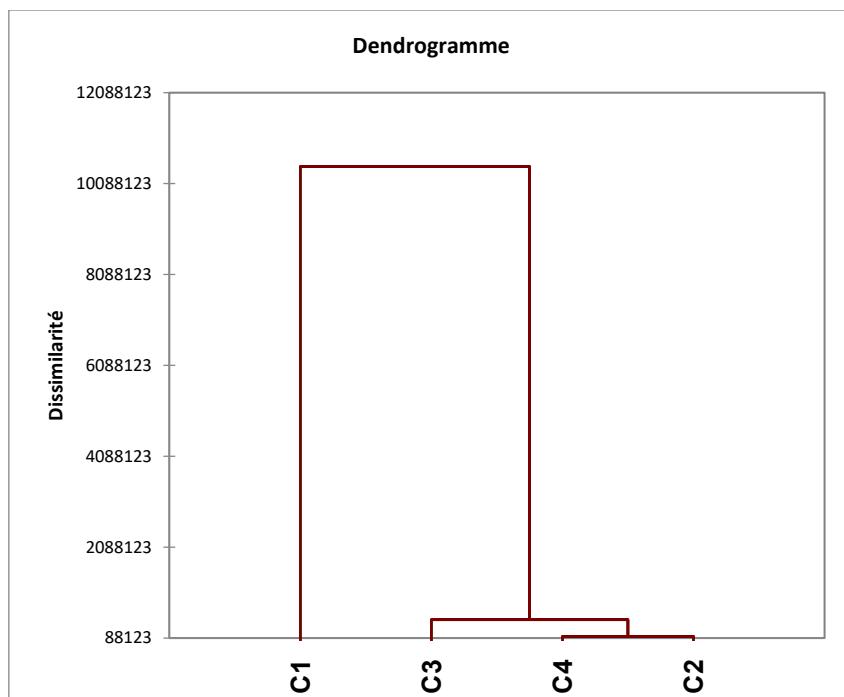
Figure 3 : Projection des individus du bassin et sous-bassins versants de la Loémé sur les plans factoriels 1 et 2

Le plan I-II (76,05 % de l'inertie cumulée) : l'axe I est déterminé par les paramètres de dimension tels que l'indice de compacité ( $K_G$ ), dénivelée spécifique ( $D_S$ ), Altitude moyenne ( $H_{moy}$ ),  $L$ ,  $P$ ,  $S$  et  $I$  qui sont opposés à l'hypsométrie surtout à la densité de drainage, la pente moyenne et l'indice global. L'axe II porte positivement  $K_G$ ,  $D_S$ ,  $H_{moy}$  qui sont opposés à la densité de drainage ( $Dd$ ).

En définitive, les figures des corrélations ont permis de voir, parmi les différentes variables, les groupes de variables qui sont très corrélés entre elles. Donc son étude est plus simple et plus informative que l'analyse directe de la matrice de corrélation. La nouvelle variable synthétique représente une opposition nette entre les paramètres de dimension (sur l'axe positif) et l'hypsométrie (sur l'axe négatif).

### 3.4. Analyse en Classification Hiérarchique Ascendante (CHA)

Cette représentation a pour but de fournir des images planes approchées du nuage de classification hiérarchique ascendante (CHA) des différentes classes dans l'ensemble de ce bassin et sous bassins versants situés dans le plan. La figure 4 présente les résultats de la classification des paramètres hypsométriques dans l'ensemble de cet espace géographique des zones hétérogènes. Quatre classes se distinguent dans cette classification : **C1**, **C2**, **C3** et **C4**. Dans celles-ci des associations entre variables et paramètres hypsométriques sont évidentes. Tel est le cas de  $K_G$ ,  $L$ ,  $I$ ,  $Dd$ ,  $Ig$ , et  $Pmoy$ , dans la classe **C3** ;  $P$  et  $Ds$  dans la classe **C2** ;  $S$  dans la classe **C1** ;  $Hmoy$  dans la classe **C4**. Ces classes ne sont autre que les quatre regroupements obtenus à partir des paramètres hypsométriques dans l'ensemble du bassin versant de la Loémé (Fig. 4). Dans de cet espace géographique l'ensemble de ces paramètres présente une très bonne corrélation.



**Figure 4 :** Dendrogramme de la classification des variables morphométriques des bassins et sous-bassins versants de la Loémé

#### 4. Discussion

Les résultats obtenus et présentés le long de ce travail permettent de mettre en lumière les différents mécanismes de caractérisation morphométrique de ce bassin versant. La discussion qui suit est structurée de manière à présenter les différents mécanismes hydrologiques qui peuvent se manifester dans la zone d'étude et définir l'importance qu'ils ont pour chacun des paramètres physiographiques. Le fonctionnement hydrologique du bassin versant de la Loémé dans le système hydrologique du bassin versant du Kouilou a été réalisé à partir de l'ensemble des résultats déduits des observations et de son interprétation de la détermination des paramètres physiographiques.

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) est une technique statistique largement utilisée pour des questions d'analyse d'un grand nombre de variables (KOUANI A. *et al.*, 2007, p.9 ; PULIDO-BOSCH A. *et al.*, 1999, p.931 ; HELENA B. *et al.*, 1999, p.813 ; TIDJANI A. *et al.*, 2006, p.318 ; ESLAMIAN *et al.*, 2010, p.89), les paramètres morphométriques y compris (FAYE C., 2014, p.97; BABA H.K. et BOUANANI A., 2016, p.282).

Sur la base des regroupements que nous a donnés l'analyse, l'ACP a montré que les distinctions et les regroupements entre eux sont liés à leur appartenance à des contextes différents et à des caractéristiques morphométriques assez distinctes. Dix paramètres physiques et hydrographiques du bassin versant de la Loémé ont pu être déterminés. L'indice de Gravelius varie de 1,33 à 2,01 pour l'ensemble des sous bassins versants de la Loémé. Il permet d'avoir une idée sur la forme géométrique du bassin versant. Ces valeurs permettent d'affirmer que les sous bassins ont une forme plus allongée.

Malgré les résultats probants obtenus, certaines données utilisées doivent être remises en cause. Même si les groupes de bassins sont bien distincts, il n'y a pas une forte correspondance apparente entre les méthodes de groupement suivant les différents axes : les groupes ont

différentes consistances numériques et des sous bassins particuliers appartiennent à différentes régions pour différentes méthodes. La méthode indique, par ailleurs, que la consistance numérique de certains sous bassins ne suffit pas pour confirmer sa capacité à faire une excellente typologie par bassin.

En dépit de l'absence de lien direct entre les variables d'un bassin et les critiques violentes contre la morphométrie considérée comme une géométrie plane, la technique de l'ACP a, pourtant, pu indiquer l'ampleur de la dépendance de la dynamique des sous bassins sur les variables de dimension. Ainsi, ce fort degré de dépendance noté entre certains paramètres morphométriques de dimension (A, P, L, l, KG) et les autres paramètres du bassin n'est pas une caractéristique inattendue du bassin du fleuve Kouilou, ce qui est conforme avec le bassin versant de la Loémé.

Cela est dû à la relation qui existe entre les conditions de l'écoulement, particulièrement la crue, et ces variables (MEHAIGUENE M., 2013, p.6). La superficie du bassin a aussi influencé sa capacité de ruissellement puisque plus un bassin est large, moins sa capacité de ruissellement de surface est élevée. Le facteur de forme qui possède donc une relation directe avec le débit de pointe à l'exutoire du bassin, l'indice de Gravelius, influence l'écoulement. La combinaison sur la base de la caractérisation des paramètres morphométriques a révélé une corrélation significative a été observée entre la superficie et le périmètre ( $S-P = 0,981$ ) ; la superficie et la longueur équivalente ( $S-L=0,981$ ), la superficie et la largeur équivalente ( $S-l = 0,977$ ) et d'autres paramètres ( $P-L = 1,000$ ,  $P-l = 0,994$ ,  $L-l =0,992$ ,  $I_g - P_{moy} = 0,962$ ).

Bien que la variabilité du relief ait un impact important sur l'écoulement, l'utilisation seule de la dynamique pour déterminer cette corrélation reste insuffisante comme méthode et ne permet d'assurer la robustesse d'un tel modèle (FAYE C., 2014, p.98). En plus, le caractère statique et cloisonné des paramètres calculés ne permet pas notamment de prédire la réponse hydrologique des bassins et limite considérablement l'intérêt des résultats en cas de mesure de l'influence de la morphologie dans sa globalité. De plus, en décrivant de manière séparée les composantes morphologiques, ces paramètres ne sont pas aptes à donner une image synthétique de l'influence de la morphologie sur la réponse hydrologique théorique de surface. Toutefois, ces limites n'entravent en rien les bonnes performances obtenues.

### *Conclusion*

Le bassin versant de la Loémé est un grand bassin versant est constitué par quatorze sous bassins versants. Dix paramètres physiques et hydrographiques des sous bassins ont pu être déterminés. Les superficies ont montré une valeur minimale de 41,09 km<sup>2</sup>. Le plus grand sous bassins versant, SBVL2-8, atteint 758,55 km<sup>2</sup>. Cette étude s'est basée sur une série de paramètres morphométriques (descripteurs) obtenus sur un ensemble de sous bassins d'une même rivière pour indiquer des paramètres résumant le mieux l'information portée par ces descripteurs, un bilan de liaison entre les paramètres, une représentation plane optimale des sous bassins, une classification des sous bassins selon les variables.

L'analyse multidimensionnelle de l'analyse en composantes principales (ACP) des sous bassins versants de la Loémé étudiés a montré que les distinctions et les regroupements entre eux sont liés à leur appartenance à des contextes différents et à des caractéristiques physiques assez distinctes. L'ACP a mis en évidence les affinités entre les différents sous bassins versants, elle a donc permis de déduire les paramètres qui les caractérisent au mieux et de les rattacher à des groupes distincts. Les résultats de l'ACP nous ont permis le tracé des limites entre les

différents ensembles physiques en regroupant les sous bassins versants appartenant à la même unité géomorphologique.

L'examen des caractéristiques physiques de ces bassins versants a montré que ce sont surtout les caractéristiques de dimension ou de forme (superficie, périmètre, Coefficient de compacité de Gravelius, Longueur, Largeur) qui ont régi le classement statistique des différents sous bassins versants en groupes distincts. L'ACP a permis de diviser les individus (sous bassins versants) en des groupes sur la base des valeurs des variables qui les caractérisent. Ainsi en fonction des axes considérés, les individus ou bassins versants qui composent les groupes ont différencié souvent en fonction de l'analyse qui les a affectés aux groupes auxquels ils se rapprochent statistiquement le plus : trois groupes dégagés pour les axes I-II, seulement deux groupes pour les axes I-III et quatre groupes constatés pour les axes II-III.

Pour l'ensemble du bassin et sous-bassins versants étudiés, la force des liaisons qui existent entre les variables explicatives a été définie par une matrice de corrélations simples entre les variables morphométriques. Sont retenues comme variables explicatives du regroupement : la taille du bassin, l'indice de pente (Ip) et la densité de drainage (Dd). La construction du regroupement des sous bassins a permis la définition des affinités et des différences entre les groupes. En effet, l'examen des caractéristiques physiques de ces bassins versants a montré que ce sont surtout les caractéristiques de forme (Superficie, Périmètre, Indice de compacité de Gravelius, Longueur, Largeur) qui ont régi le classement statistique des différents sous bassins versants en groupes distincts. Ainsi, les bassins versants qui ont des dimensions plus grandes se démarquent toujours des autres.

## Références bibliographiques

1. ABDUL Rahaman, ARUCHAMY Solavagounder, ABDUL Ajeez, JEGANKUMAR RAJAGOPAL, 2015 : « *Prioritization of Sub Watershed Based on Morphometric Characteristics Using Fuzzy Analytical Hierarchy Process and Geographical Information System - A Study of Kallar Watershed, Tamil Nadu* ». Aquatic Procedia. Volume 4, 2015, pp.1322-1330.
2. BABA-HAMED Kamila et BOUANAN Abderrazak, 2016 : « *Caractérisation d'un bassin versant par l'analyse statistique des paramètres morphométriques : Cas du bassin versant de la Tafna, (Nord-ouest algérien)* ». Geo-Eco-Trop, 2016, pp. 277- 286.
3. BENZOUAGH Brahim, DRIDRI Abdallah, Boudad LARBI, SDKAOUI Driss, BAAMAR Brahim, 2019 : « *Apport des SIG et télédétection pour l'évaluation des caractéristiques physiques du bassin versant d'oued Inaouene (Nord-Est Maroc) et leurs utilités dans le domaine de la gestion des risques naturels* ». Am. J. innov. res. appl. sci. 2019 ; 8(4), pp. 120-130.
4. DADET Pierre, 1969 : « *Notice explicative de la carte géologique de la République du Congo Brazzaville au 1/500.000* ». Mémoire du BRGM no70, Congo Brazzaville, ORSTOM, 103 p.
5. ENDALEW Lake et MULU Arega, 2023 : « *Estimation of the amount of sediment entering into Shumburit reservoir from the Shumburit watershed, East Gojjam zone, Amhara Region, Ethiopia* ». Environmental Challenges 11 :100696. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2023.100696>

6. ESLAMIAN Saeid, GHASEMIZADEH Mehdi, Biabanaki Monireh, Talebizadeh Mansour, 2010 : « *A principal component regression method for estimating low flow index* ». *Water Resources Management*, 24 (11) : 2553-2566.
7. FAYE Cheikh, 2014 : « *Méthode d'analyse statistique de données morphométriques : corrélation de paramètres morphométriques et influence sur l'écoulement des sous-bassins du fleuve Sénégal* ». *Cinq Continents*, 4 (10) : 80 - 108.
8. FAYE Cheikh, 2018 : « *Caractérisation d'un bassin versant par l'analyse statistique des paramètres morphométriques : cas du bassin versant de la Gambie. (Bassin continental Guineo-Sénégalais)* ». *Revue Marocaine de Géomorphologie*. N°2. 2018, 110-127.
9. HELENA Beatriz, PARDO Rafael, VEGA Marisol and BARRADO Enrique, 1999 : « *Temporal evolution of groundwater composition in an alluvial aquifer (Pisuerga river, Spain) by principal component analysis* ». *Wat. Res*, 34 (3) : 807-816.
10. IDRISSE Soumia & TAOUS Ali, 2022 : « *Analyse morpho métrique et hydrographique du bassin versant du Beht et de ses principaux affluents en utilisant le système d'information géographique* ». *Revue Marocaine géomorphologie*, (2022), pp. 83-103.
11. KENNETH Moore and HATFIELD Road ,1994 : « *Carbohydrates and forage quality. In: Fahey, G.C., Ed., forage quality, evaluation, and utilization* ». *American Society Agronomy, Madison*, 229-280.
12. KOUANI Ali, JAMALI Saïd El et TALBI Mohammed., 2007 : « *Analyse en composantes principales, une méthode factorielle pour traiter les données didactiques* ». *Radisma*, 2, 1-18.
13. PULIDO-BOSCH Antonio, CERON Juan Carlos and BAKALOWINCZ Michel, 1999 : « *Application of principal components analyse to the study of CO<sub>2</sub> – rich thermomineral waters in the aquifère system of alto Guadaleñin (spain)* ». *J. Hydrol.* 46 : 929-942.
14. SAMBA-KIMBATA Marie Joseph, 2002 : « *Rythme bioclimatique et comportement phénologique de la végétation en République du Congo* ». *Annales Université Marien Ngouabi*, pp.81-92.
15. TIDJANI Abdellatif, El- Bari, YEBDRI Djilali, Roth Jean Claude et DERRICHE Zohra, 2006 : « *Exploration des séries chronologiques d'analyse de la qualité des eaux de surface dans le bassin de la Tafna en Algérie* ». *Revue des sciences de l'eau. Journal of Water Science.* 19 (4) : 315-324.
16. VELTRI Massimo, VELTRI Pierangelo et MAIOLO Massimo, 1996 : « *On the fractal dimension of natural channel network* ». *Journal of Hydrology*, 187 : 137-144.