

N° 4
Novembre
2025

GÉOPORO

ISSN : 3005-2165

Revue de Géographie du PORO



Département de Géographie
Université Péléforo Gon Coulibaly

www.geoporo.net

Indexations



TOGETHER WE REACH THE GOAL

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



<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, Assistant en Géographie, Université Peleforo GON COULIBALY

COMITE SCIENTIFIQUE INTERNATIONAL

- KOFFI Brou Emile, Professeur Titulaire de Géographie, Université Alassane Ouattara (Côte d'Ivoire)
- YAPI-DIAHOU Alphonse, Professeur Titulaire de Géographie, Université Paris 8 (France)
- ALOKO-N'GUESSAN Jérôme, Directeur de Recherches en Géographie, Université Félix Houphouët-Boigny (Côte d'Ivoire)
- VISSIN Expédit Wilfrid, Professeur Titulaire de Géographie, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)
- DIPAMA Jean Marie, Professeur Titulaire de Géographie, Université Joseph KI-ZERBO (Burkina Faso)
- ANOH Kouassi Paul, Professeur Titulaire de Géographie, Université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire)
- EDINAM Kola, Professeur Titulaire de Géographie, Université de Lomé (Togo)
- BIKPO-KOFFIE Céline Yolande, Professeur Titulaire de Géographie, Université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire)
- GIBIGAYE Moussa, Professeur Titulaire de Géographie, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)
- VIGNINO Toussaint, Professeur Titulaire de Géographie, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)

- ASSI-KAUDJHIS Joseph, Professeur Titulaire de Géographie, Université Alassane Ouattara (Côte d'Ivoire)
- SOKEMAWU Koudzo, Professeur Titulaire de Géographie, Université de Lomé (Togo)
- MENGHOU Maurice Boniface, Professeur Titulaire, Université de Brazzaville (République du Congo)
- NASSA Dabié Désiré Axel, Professeur Titulaire de Géographie, Université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire)
- KISSIRA Aboubakar, Professeur Titulaire de Géographie, Université de Parakou (Benin)
- KABLAN Hassy N'guessan Joseph, Professeur Titulaire de Géographie, Université Félix Houphouët- Boigny, (Côte d'Ivoire)
- VISSOH Sylvain, Professeur Titulaire de Géographie, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)
- Jürgen RUNGE, Professeur titulaire de Géographie physique et Géoécologie, Goethe-University Frankfurt Am Main (Allemagne)
- DIBI-ANOH Pauline, Professeur Titulaire de Géographie, Université Felix Houphouët- Boigny, (Côte d'Ivoire)
- LOBA Akou Franck Valérie, Professeur Titulaire de Géographie, Université Félix Houphouët- Boigny (Côte d'Ivoire)
- MOUNDZA Patrice, Professeur Titulaire de Géographie, Université Marien N'Gouabi (Congo)

COMITE DE LECTURE INTERNATIONAL

- KOFFI Simplicie Yao, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
- KOFFI Yeboué Stephane Koissy, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
- KOUADIO Nanani Kouamé Félix, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire),
- KRA Kouadio Joseph, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire),
- TAPE Sophie Pulchérie, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
- ZOUHOULA Bi Marie Richard Nicetas, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
- ALLA kouadio Augustin, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
- DINDJI Médé Roger, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)

- DIOBO Kpaka Sabine Epse Doudou, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
- KOFFI Lath Franck Eric, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
- KONAN Hyacinthe, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
- KOUDOU Dogbo, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
- SILUE Pebanangnanan David, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
- FOFANA Lancina, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
- GOGOUA Gbamain Franck, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
- ASSOUMAN Serge Fidèle, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
- DAGNOGO Foussata, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
- KAMBIRE Sambi, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
- KONATE Djibril, Maitre de Conférences en Géographie, Université Peleforo Gon Coulibaly (Côte d'Ivoire)
- ASSUE Yao Jean Aimé, Maitre de Conférences en Géographie, Université Alassane Ouattara (Côte d'Ivoire)
- GNELE José Edgard, Maitre de conférences en Géographie, université de Parakou (Benin)
- KOFFI Yao Jean Julius, Maitre de Conférences, Université Alassane Ouattara, (Côte d'Ivoire)
- MAFOU Kouassi Combo, Maitre de Conférences en Géographie, Université Jean Lorougnon Guédé (Côte d'Ivoire)
- SODORE Abdoul Azise, Maître de Conférences en Géographie, Université Joseph KI-ZERBO (Burkina Faso)
- ADJAKPA Tchékpo Théodore, Maître de Conférences en Géographie, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)
- BOKO Nouvewa Patrice Maximilien, Maitre de Conférences en Géographie, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)
- YAO Kouassi Ernest, Maitre de Conférences en Géographie, Université Jean Lorougnon Guédé (Côte d'Ivoire)
- RACHAD Kolawolé F.M. ALI, Maître de Conférences, Université d'Abomey-Calavi (Bénin)

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 : KOFFI S. Y. *et al.* (2023, p35), (ZOUHOULA B. M. R. N., 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 : (ZOUHOULA B. M. R. N., 2021, p7) ou ZOUHOULA B. M. R. N. (2021, p7)

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

-Pour plus de deux auteurs : (KOFFI S. Y. *et al.*, 2023, p35) ou KOFFI S. Y. *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 : (ZOUHOULA B. M. R. N., 2021, p7) ou ZOUHOULA B. M. R. N. (2021, p7)

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

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



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



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



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

SOMMAIRE

1	<u>DYNAMIQUE CLIMATIQUE DANS LA BASSE VALLEE DU MONO A L'EXUTOIRE ATHIEME AU BENIN (AFRIQUE DE L'OUEST)</u> Auteur(s): ASSABA Hogouyom Martin, SODJI Jean, AZIAN D. Donatien, Virgile GBEFFAN, VISSIN Expédit Wilfrid. N° Page : 1-9
2	<u>PAYSAGES DE VALLEES ET EVOLUTION DE L'OCCUPATION DU SOL DANS LA SOUS-PREFECTURE DE BÉOUMI 2002 A 2024 (Centre de la Côte d'Ivoire)</u> Auteur(s): Djibril Tenena YEO, Pascal Kouamé KOFFI, Lordia Florentine ASSI, Nambégué SORO. N° Page : 10-21
3	<u>APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE AU QUARTIER KALLEY PLATEAU (NIAMEY, NIGER)</u> Auteur(s): SOULEY BOUBACAR Adamou, BOUBACAR ABOU Hassane, MOTCHO KOKOU Henry, DAMBO Lawali. N° Page : 22-36
4	<u>CONFLITS CULTIVATEURS-ELEVEURS DANS LE DEPARTEMENT DE ZUENOULA (CENTRE-OUEST DE LA COTE D'IVOIRE)</u> Auteur(s): KRA Koffi Siméon. N° Page : 37-47
5	<u>DÉFIS ENVIRONNEMENTAUX DE L'URBANISATION DE LA VILLE DE MAN À L'OUEST DE LA COTE D'IVOIRE</u> Auteur(s): KONÉ Atchiman Alain, AFFRO Mathieu Jonasse, SORO Nambegué. N° Page : 48-61
6	<u>EVALUATION DES MODELES CLIMATIQUES REGIONAUX (CORDEXAFRICA) POUR UNE ÉTUDE DES TENDANCES FUTURES DES PRÉCIPITATIONS DE LA VALLÉE DU NIARI (REPUBLIQUE DU CONGO)</u> Auteur(s): Martin MASSOUANGUI-KIFOUALA, MASSAMBA-BABINDAMANA Milta-Belle Achille. N° Page : 62-72
7	<u>RÔLE DES FACTEURS SOCIODÉMOGRAPHIQUE SUR L'INTENTION DE MIGRER AU NORD DU SÉNÉGAL</u> Auteur(s): Issa MBALLO. N° Page : 73-86
8	<u>ÉVALUATION DE L'ENVASEMENT DE LA MARRE DE KOUMBELOTI DANS LA COMMUNE DE L'OTI 1 AU NORD-TOGO</u> Auteur(s): KOLANI Lamitou-Dramani, KOUMOI Zakariyao, BOUKPESSI Tchaa. N° Page : 87-96
9	<u>DÉGRADATION ET AMÉNAGEMENT DU TRONÇON DE ROUTE MAMAN MBOUALÉ-MANIANGA DANS L'ARRONDISSEMENT 6 TALANGAÏ À BRAZZAVILLE.</u> Auteur(s): Robert NGOMEKA. N° Page : 97-110

10	<p><u>CARACTÉRISTIQUES SOCIO-ÉCONOMIQUES DES VENDEURS DE TÉLÉPHONES AU BLACK MARKET D'ADJAMÉ (CÔTE D'IVOIRE)</u></p> <p>Auteur(s): SERI-YAPI Zohonon Sylvie Céline, KOUADIO Armel Akpénan Junior, BOSSON Eby Joseph.</p> <p>N° Page : 111-125</p>
11	<p><u>INSECURITE ALIMENTAIRE ET STRATEGIES GOUVERNEMENTALES DANS L'OUEST DU NIGER</u></p> <p>Auteur(s): ALI Nouhou.</p> <p>N° Page : 126-136</p>
12	<p><u>EFFETS DE L'URBANISATION SUR LA CULTURE MARAICHERE DANS L'ARRONDISSEMENT 6 TALANGAÏ DE 2000 A 2020 (RÉPUBLIQUE DU CONGO)</u></p> <p>Auteur(s): Akoula Backobo Jude Hermes, Maliki Christian, Louzala Kounkou Bled Dumas Blaise.</p> <p>N° Page : 137-146</p>
13	<p><u>GESTION DES ORDURES MENAGERES POUR UNE MEILLEURE SANTE DES POPULATIONS DANS LA VILLE DE MANGO (NORD-TOGO)</u></p> <p>Auteur(s): LARE Babénoun.</p> <p>N° Page : 146-161</p>
14	<p><u>MISE EN PLACE D'UN CADRE DE COLLABORATION HARMONIEUX ENTRE L'AMUGA ET LES COLLECTIVITÉS TERRITORIALES DU GRAND ABIDJAN EN FAVEUR D'UN TRANSPORT URBAIN DURABLE ET PERFORMANT</u></p> <p>Auteur(s): KOUTOUA Amon Jean-Pierre, KONARE Ladji.</p> <p>N° Page : 161-174</p>
15	<p><u>SECURISATION ET LAVAGE DES MOYENS DE TRANSPORT, UNE STRATEGIE DE SURVIE FACE A LA CRISE DE L'EMPLOI A LOME</u></p> <p>Auteur(s): Kossi AFELI, Kodjo Gnimavor FAGBEDJI, Komla EDOH.</p> <p>N° Page : 175-187</p>
16	<p><u>CARTOGARPHIE DE L'ÉROSION HYDRIQUE DANS LE BASSIN DU BAOBOLONG (CENTRE-OUEST DU SÉNÉGAL)</u></p> <p>Auteur(s): DIOP Mame Diarra, FALL Chérif Amadou Lamine, SANE Yancouba, SECK Henry Marcel, COLY Kémo.</p> <p>N° Page : 188-203</p>
17	<p><u>LA RIZICULTURE FEMININE, UNE STRATEGIE DE LUTTE CONTRE L'INSECURITE ALIMENTAIRE DANS LA VILLE DE NIENA</u></p> <p>Auteur(s): DIAKITE Salimata, TRAORE Djakanibé Désiré.</p> <p>N° Page : 204-219</p>
18	<p><u>ANTHROPOGENIC ACTIVITIES AND DEGRADATION OF VEGETATION COVER IN THE DEPARTMENT OF KANI, IN THE NORTHWEST OF THE IVORY COAST</u></p> <p>Auteur(s): BAMBÀ Ali, GBODJE Jean-François Aristide, ASSI-KAUDJHIS Joseph P..</p> <p>N° Page : 220-233</p>
19	<p><u>CONTRAINTES A LA MISE EN VALEUR DES CHAMPS DE CASE DU DOUBLET LOKOSSA-ATHIEME AU SUD DU BENIN</u></p> <p>Auteur(s): Félicien GBEGNON, Akibou Abaniché AKINDELE, Jean-Marie Mèyilon DJODO.</p> <p>N° Page : 234-248</p>

20	<u>ANALYSE DES TEMPERATURES DE MER ET DES PRECIPITATIONS DANS LE CONTEXTE DE CHANGEMENT CLIMATIQUE A LOME</u> Auteur(s): LEMOU Faya. N° Page : 249-261
21	<u>ACTION DE L'HOMME ET DÉGRADATION DE LA DIVERSITÉ BIOLOGIQUE DE LA RÉSERVE DE LAMTO (CÔTE D'IVOIRE)</u> Auteur(s): N'GORAN Ahou Suzanne. N° Page : 262-270
22	<u>ANALYSE DE LA DYNAMIQUE DU COUVERT VÉGÉTAL DANS LE CENTRENORD DU BURKINA FASO</u> Auteur(s): Yasmina TEGA, Hycenth Tim NDAH, Evéline COMPAORE-SAWADOGO, Johannes SCHULER, Jean-Marie DIPAMA. N° Page : 271-285
23	<u>PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE DU PROJET D'ALIMENTATION EN ÉNERGIE ÉLECTRIQUE DE LA ROUTE DES PÊCHES 286 (BENIN)</u> Auteur(s): BONI Gratien . N° Page : 286-299
24	<u>LA DISPONIBILITÉ ALIMENTAIRE A L'ÉPREUVE DE L'ESSOR DE L'ORPAILLAGE DANS LA SOUS-PRÉFECTURE DE SIEMPURGO (NORD DE LA COTE D'IVOIRE)</u> Auteur(s): KOFFI Guy Roger Yoboué, KONE Levöl, COULIBALY Mékié. N° Page : 300-310
25	<u>LA COMMERCIALISATION DE LA BANANE PLANTAIN DANS LA SOUSPRÉFECTURE DE BONON (CENTRE-OUEST DE LA COTE D'IVOIRE)</u> Auteur(s): KOUAME Kanhoun Baudelaire. N° Page : 311-325
26	<u>VECU ET PERCEPTION DE LA TRYPANOSOMIASE HUMAINE AFRICAINE EN MILIEU RURAL : ETUDE DE CAS A MINDOULI (REPUBLIQUE DU 326 CONGO)</u> Auteur(s): Larissa Adachi BAKANA. N° Page : 326-337
27	<u>LE TAXI-TRICYCLE, UN MODE DE DÉSENCLAVEMENT DE LA COMMUNE PÉRIPHÉRIQUE DE BINGERVILLE (ABIDJAN, CÔTE 338 D'IVOIRE)</u> Auteur(s): COULIBALY Amadou, FRAN Yelly Lydie Lagrace, KOUDOU Welga Prince, DIABAGATÉ Abou. N° Page : 338-353
28	<u>DYNAMIQUE DES FORMATIONS PAYSAGERES DANS LES TERROIRS DE BLISS ET DE FOGNY KOMBO EN BASSE CASAMANCE (SENEGAL)</u> Auteur(s): SAMBOU Abdou Kadri, MBAYE Ibrahima. N° Page : 354-367
29	<u>INSALUBRITÉ ET PRÉCARITÉ SANITAIRE URBAIN À DIVO (SUD-OUEST, CÔTE D'IVOIRE) : ÉTAT DES LIEUX ET PERSPECTIVES</u> Auteur(s): DIARRASSOUBA Bazoumana. N° Page : 368-379

30	DISTRIBUTION SPATIALE DES INFRASTRUCTURES SANITAIRES PUBLIQUES : UN FACTEUR IMPORTANT DANS L'ACCESSIBILITÉ GÉOGRAPHIQUE DES POPULATIONS AUX CENTRES DE SANTÉ DANS LA VILLE DE ZUÉNOULA Auteur(s): AYEMOU Anvo Pierre, ZOHOURE Gazalo Rosalie, ISSA Bonaventure Kouadio. N° Page : 380-393
31	TYPLOGIE ET AIRES DE RAYONNEMENT DES INFRASTRUCTURES MARCHANDES DANS LA VILLE DE PORTO-NOVO Auteur(s): ZANNOU Sandé. N° Page : 394-406
32	COMPOSITION ET RÉPARTITION DES UNITÉS DE PRODUCTION DE PAIN ET DE PÂTISSERIE À KORHOGO (CÔTE D'IVOIRE) Auteur(s): OUATTARA Mohamed Zanga. N° Page : 407-421
33	DYNAMIQUE DES ECOSYSTEMES DE MANGROVE DANS LA COMMUNE D'ENAMPORÉ (BASSE-CASAMANCE/SENEGAL) Auteur(s): Joseph Saturnin DIEME, Henri Marcel SECK 422 , Bonoua FAYE, Ibrahima DIALLO. N° Page : 422-432
34	ECONOMIE DE LA MER ET EQUILIBRE DE LA ZONE COTIERE DU TOGO, IMPACTS DES OUVRAGES PORTUAIRES Auteur(s): Djiwonou Koffi ADJALO, Koko Zébéto HOUEDAKOR, Kouami Dodji ADJAHOU, Etse GATOGO, Kpotivi Kpatanyo WILSON-BAHUN, Komlan KPOTOR. N° Page : 433-444
35	ALIMENTATION DE L'ENFANT DE 0 À 3 ANS DANS LE DISTRICT SANITAIRE DE BOUAKÉ ET DE COCODY-BINGERVILLE (CÔTE D'IVOIRE) Auteur(s): Veh Romaric BLE, Tozan ZAH BI, Brou Emile KOFFI. N° Page : 445-457
36	IMPACT DES ACTIVITÉS ÉCONOMIQUES DE LA FORÊT DE WARI-MARO AU BENIN SUR LE BIEN-ÊTRE DES MÉNAGES Auteur(s): Raïssa Chimène JEKINNOU, Maman-Sani ISSA, Moussa WARI ABOUBAKAR. N° Page : 458-469
37	LA VILLE DE BROBO FACE À L'EXPANSION URBAINE : ENJEUX ET PROBLÉMATIQUES DE L'ÉLECTRIFICATION (CENTRE CÔTE D'IVOIRE) Auteur(s): KOUASSI Kobenan Christian Venance. N° Page : 470-484
38	LE POLE URBAIN DU LAC ROSE : OPPORTUNITES D'EXTENSION ET DE LOGEMENTS POUR DAKAR ET LIMITES ENVIRONNEMENTALES Auteur(s): El hadji Mamadou NDIAYE, Ameth NIANG, Mor FAYE. N° Page : 485-496

39	<p><u>GÉOMATIQUE ET GÉODONNÉES POUR LA CARTOGRAPHIE GÉOLOGIQUE EN ZONE FORESTIÈRE: CAS DE KAMBÉLÉ (EST CAMEROUN)</u></p> <p>Auteur(s): BISSEGUE Jean Claude, YAMGOUOT NGOUNOUNO Fadimatou, TCHAMENI Rigobert, NGOUNOUNO Ismaïla.</p> <p>N° Page : 497-510</p>
40	<p><u>DEFICIT D'ASSAINISSEMENT ET STRATEGIES DE RESILIENCE DANS LA VILLE DE BOUAKE</u></p> <p>Auteur(s): KRAMO Yao Valère, AMANI Kouakou Florent, ISSA Kouadio Bonaventure, ASSI-KAUDJHIS Narcisse.</p> <p>N° Page : 511-523</p>
41	<p><u>LES ENJEUX DE L'ACCÈS AUX ESPACES SPORTIFS ET PRATIQUES SPORTIVES DANS LA VILLE DE BOUAKE</u></p> <p>Auteur(s): OUSSOU Anouman Yao Thibault.</p> <p>N° Page : 524-534</p>
42	<p><u>LA PRODUCTIVITE DE LA CULTURE D'ANACARDIER DANS LA SOUSPREFECTURE DE TIORONIARADOUGOU AU NORD DE LA COTE D'IVOIRE</u></p> <p>Auteur(s): TOURÉ Adama.</p> <p>N° Page : 535-546</p>
43	<p><u>USAGE ET GESTION DU PARC IMMOBILIER PUBLIC DANS L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE A KORHOGO EN CÔTE D'IVOIRE</u></p> <p>Auteur(s): SIYALI Wanlo Innocents.</p> <p>N° Page : 547-557</p>
44	<p><u>IMPACT DES ENTREPRISES DE FILIÈRES PORTUAIRES SUR LES POPULATIONS LOCALES : LE CAS DE COIC DANS LE DEPARTEMENT DE 558 KORHOGO</u></p> <p>Auteur(s): YRO Koulai Hervé.</p> <p>N° Page : 558-569</p>
45	<p><u>CARTOGRAPHIE DES FLUX MIGRATOIRES À PARTIR DE L'OUEST DE LA RÉGION DES PLATEAUX AU TOGO</u></p> <p>Auteur(s): Kokouvi Azoko KOKOU, Edinam KOLA.</p> <p>N° Page : 570-589</p>
46	<p><u>PRODUCTION DE LA BANANE PLANTAIN : QUELLE CONTRIBUTION A LA SECURITE ALIMENTAIRE DANS LE DEPARTEMENT DE BOUAFLE (CÔTE 590 D'IVOIRE)</u></p> <p>Auteur(s): KONE Bassoma.</p> <p>N° Page : 590-604</p>

EVALUATION DES MODELES CLIMATIQUES REGIONAUX (CORDEX-AFRICA) POUR UNE ÉTUDE DES TENDANCES FUTURES DES PRÉCIPITATIONS DE LA VALLÉE DU NIARI (REPUBLIQUE DU CONGO)

EVALUATION OF THE REGIONAL CLIMATE MODELS (CORDEX-AFRICA) FOR A STUDY OF FUTURE PRECIPITATION TRENDS IN THE NIARI VALLEY (REPUBLIC OF CONGO)

Martin MASSOUANGUI-KIFOUALA et MASSAMBA-BABINDAMANA Milta-Belle Achille

Université Marien Ngouabi, Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines

E-mail : mmartinkif@gmail.com

Tél. : +242066325475

Résumé

La vallée du Niari est considérée comme une zone de ravitaillement des grands centres urbains notamment Brazzaville et Pointe-Noire en denrées agricoles. Malheureusement, les agriculteurs y font face aux effets pervers du changement climatique. Cette étude a pour objectif de déceler à partir, du programme CORDEX-Africa, les modèles climatiques régionaux pouvant servir à des études du climat futur dans la vallée du Niari. À cet effet, les données in situ de Mouyondzi et les données de simulation de trois modèles climatiques régionaux (CCCma-CanRCM4, GERICS-REMO2015 et CLMcom-KIT-CCLM5) du programme CORDEX-Africa sur la période historique de 1971 à 2000 avec une résolution de $0,22^\circ \times 0,22^\circ$ ont servi à la réalisation de cette étude. A partir de ces valeurs ont été calculés : les anomalies, les biais, les erreurs quadratiques moyennes et les coefficients de corrélation de Pearson. Les principaux résultats obtenus montrent que parmi les trois MCR choisis : le CLMcan-KIT-CCLM5 et le GERICS-REMO2015 capturent bien le régime pluviométrique annuel. Mais le CCCma-CanRCM4 est le seul qui détecte la tendance interannuelle des précipitations à Mouyondzi. Il est mieux pour une étude des précipitations futures dans la vallée du Niari d'opter pour une approche multimodèle. Elle doit prendre en compte les MCR CLMcan-KIT-CCLM5 et CCCma-CanRCM4. Les données de ces deux modèles présentent une parfaite corrélation avec les données les données *in situ*.

Mots-clés : Vallée du Niari, changement climatique, CORDEX-Africa, modèles climatiques régionaux, précipitations

ABSTRACT

The Niari Valley is considered a source of agricultural produce for major urban centres, particularly Brazzaville and Pointe-Noire. Unfortunately, farmers there are facing the adverse effects of climate change. The aim of this study is to use the CORDEX-Africa programme to identify regional climate models that can be used for studies of the future climate in the Niari Valley. To this end, in situ data from Mouyondzi and simulation data from three regional climate models (CCCma-CanRCM4, GERICS-REMO2015 and CLMcom-KIT-CCLM5) from the CORDEX-Africa programme over the historical period from 1971 to 2000 with a resolution of $0.22^\circ \times 0.22^\circ$ were used to carry out this study. Based on these values, the following were calculated: anomalies, biases, mean square errors and Pearson correlation coefficients. The main results obtained show that among the three RCMs selected, CLMcan-KIT-CCLM5 and GERICS-REMO2015 accurately capture the annual rainfall regime. However, CCCma-CanRCM4 is the only one that detects the interannual rainfall trend in Mouyondzi. A multi-model approach is preferable for a study of future rainfall in the Niari Valley. It must take into account the CLMcan-KIT-CCLM5 and CCCma-CanRCM4 RCMs. The data from these two models show perfect correlation with the in situ data.

Keywords : Niari Valley, climate change, CORDEX-Africa, regional climate models regional climate models, rainfall

Introduction

L'agriculture est un secteur économique particulièrement vulnérable aux changements climatiques, et pas seulement à cause des variations moyennes, mais surtout à cause de la variabilité accrue et des événements extrêmes (sécheresses, canicules et pluies torrentielles) qui perturbent les cycles de croissance des plantes, affectent la disponibilité de l'eau, augmentent les risques de ravageurs et de maladies, et conduisent à des baisses de rendements agricoles (FAO, 2018, p.8). Il est prévu que la productivité augmente dans certaines régions et diminue dans d'autres, surtout aux latitudes tropicales et subtropicales. Il est d'autant plus probable que l'avenir nous réservera plus des surprises. En effet, des changements rapides inattendus et l'évolution envisagée du climat dépasse les limites de nos connaissances empiriques (GIEC, 1995, p7).

La revue de la littérature montre que le sud du Congo en général et la vallée du Niari en particulier, « grenier » du Congo, est l'entité géographique la plus touchée par les effets pervers de la variabilité et du changement climatique (MANKESSI J., 2013, p9).

Les problèmes les plus récurrents rencontrés par les agriculteurs sont dans la vallée du Niari sont: la tendance vers la disparition du deuxième cycle agricole de mars-avril-mai, la tractation de la durée des saisons pluvio-agricoles, le démarrage tardif des saisons de pluies, l'arrêt précoce des saisons des pluies, la mauvaise répartition et diminution des totaux pluviométriques intra-saisonnières et interannuels.

Ces manifestations qui décrivent mieux le climat actuel engendrent des nombreuses conséquences mettant en difficulté non seulement la pratique des activités agricoles mais aussi la vie des paysans.

Les stratégies mises en place par les paysans pour y faire face sont inefficaces et éphémères (MASSOUANGUI-KIFOUALA M., 2024 p204). Du coup on assiste à l'insécurité alimentaire et à la flambée des prix des denrées agricoles sur le marché. La hantise est que si ces modifications climatiques observées aujourd'hui peuvent persister et dans une certaine mesure s'empirer, l'avenir de l'agriculture traditionnelle dans la vallée du Niari sera incertain. Et du même coup, la vie des paysans qui ne dépendent que de cette activité sera plus aux abois.

Face à cette situation qui devient de plus en plus préoccupante, il serait capital de connaître l'évolution future du climat dans la vallée du Niari et surtout des précipitations qui par leur rythme annuel dictent le calendrier agricole. Pour cela, il est important de valider des modèles climatiques régionaux capables de simuler les précipitations de la vallée du Niari et pouvant permettre de faire des projections futures (CRETAT J. et *al.*, 2011, p1).

En Afrique de l'Ouest, bon nombre des chercheurs orientent leurs études sur l'évaluation des modèles climatiques, afin de définir le bon modèle pour des prédictions climatiques.

Quant à l'Afrique centrale notamment en République du Congo, on peut signaler l'étude réalisée par MASSOUANGUI-KIFOUALA M. (2023, p173) sur Brazzaville. Elle a porté sur le choix et la validation des Modèles Climatiques Régional (RCM) du programme CORDEX-Africa pour les projections des précipitations dans l'agglomération de Brazzaville. En ce qui concerne la vallée du Niari, d'après nos recherches, aucune étude n'a été réalisée sur les MCR.

La présente étude a pour objectif de détecter les modèles climatiques régionaux du programme CORDEX-Africa pouvant servir à l'étude de l'évolution future des précipitations dans la vallée du Niari.

1-Données et méthodes

1.1-Vallée du Niari

Située au sud-ouest du Congo, la vallée du Niari se trouve limitée :

- Au Nord : par le massif du Chaillu et la vallée de la Nyanga ;
- Au Sud : par la République Démocratique du Congo ;
- À l'Est : par le département du Pool ;
- Et à l'Ouest par la chaîne de montagne du Mayombe.

Elle est comprise entre 4° et 5° de latitude Sud et 13° et 14° de longitude Est; sa superficie est de l'ordre de 27071,65 km² (fig. 1)

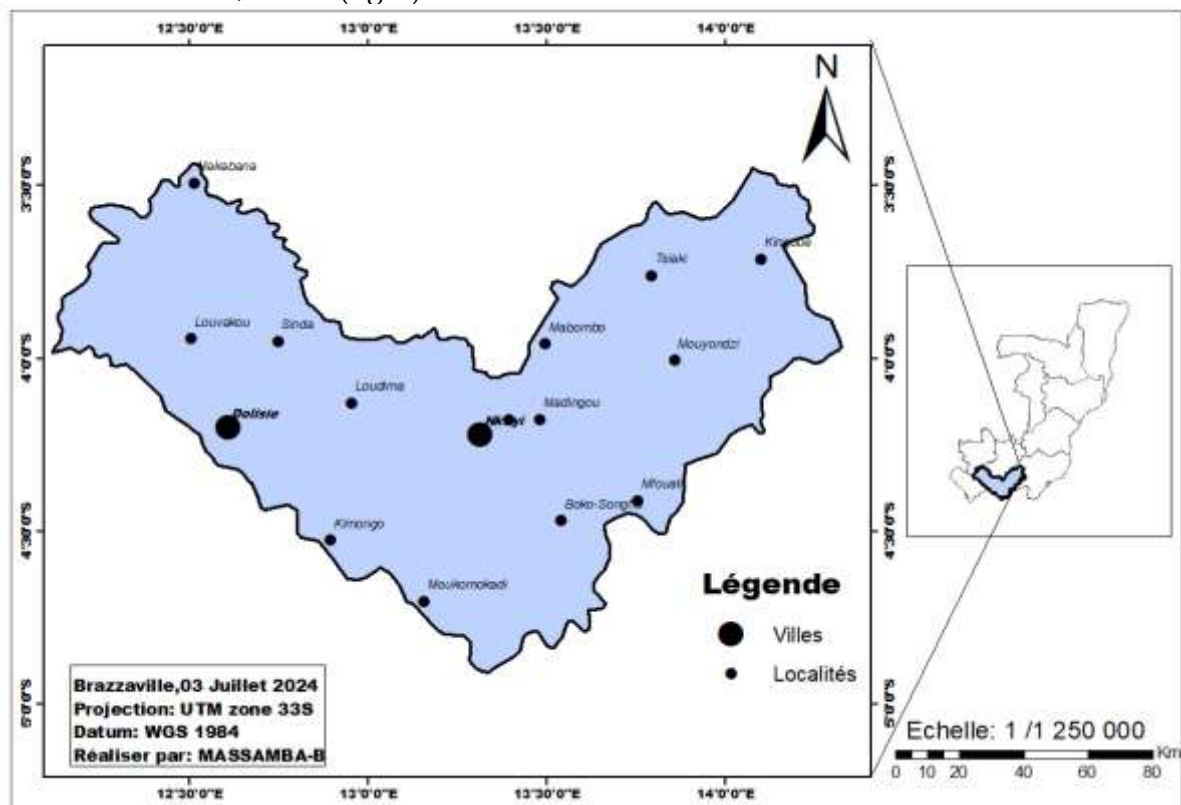


Figure 1 : Vallée du Niari

Source : Conçue à partir du fond de carte de la République du Congo au 1/1000000 dressée par le CERGEC et IGN (1993)

1.2- Les données climatiques

Deux jeux de données ont été utilisés dans le cadre de cette étude : les données observées ou *in-situ* et les sorties des Modèles Climatiques Régionaux.

1.2.1-Les données *in-situ* : Il s'agit principalement des données des précipitations au pas de temps journalier sur la période allant 1971 à 2000. Elles ont été collectées à la station synoptique de Mouyondzi par les services de la Direction Nationale de la Météorologie.

1.2.2-Les données de simulation : les sorties de trois modèles climatiques régionaux du programme CORDEX (Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment) ont été téléchargées à partir du site <https://cds.climate.copernicus.eu>. Après le téléchargement, l'extraction des données s'est faite à partir d'un script monté dans le logiciel R dans lequel ont été introduites les coordonnées géographiques (longitude et latitude) de la station Mouyondzi. Ces données très fines présentent une résolution spatiale de 0,22° x 0,22° et une échelle temporelle de 24h. Il s'agit des données historiques qui couvrent la période allant du 1^{er} janvier 1971 au 31 décembre 2000. Le scénario de forçages radiatifs retenu est le RCP8.5 qui est le scénario pessimiste largement développé dans le cinquième rapport du GIEC (2014, p.8).

Il correspond à une forte hausse des émissions des gaz à effet de serre jusqu'à la fin du 21^{ème} siècle. Les différents Modèles Climatiques Régionaux et les modèles climatiques globaux associés sont présentés dans le tableau 1.

N°	GMC	RCMS	Scénario	RESOLUTION
1	CCCma-CanESM2	CCCma-CanRCM4	RCP8.5	0.22° X 0.22°
2	MOHC-HadGEM2-ES	GERICS-REMO2015	RCP8.5	0.22° X 0.22°
3	NCC-NorESM1-M	CLMcom-KIT-CCLM5	RCP8.5	0.22° X 0.22°

Tableau 1 : Modèles climatiques régionaux CORDEX-Africa avec les modèles climatiques globaux associés

Source : <https://cds.climate.copernicus.eu>

1.3-Méthodes d'analyse

Il n'existe pas une démarche classique pour valider les données issues d'un modèle climatique régional. Néanmoins, la littérature propose des nombreuses techniques et mesures très efficaces pouvant être utilisées. On peut citer entre autre la comparaison des régimes et des tendances obtenues à partir de l'analyse des données observées et des données des modèles sur une même période historique (NIKULIN G., JONES C., GIORGI F. et *al.*, 2012, p6059 ; HERNANDEZ-DIAZ L. et *al.*, 2013, p1417) ; le calcul des biais, les erreurs quadratiques moyennes et les coefficients de corrélation (YACOUBOU M. et *al.*, 2018 ; GIUSEPPE M. et *al.*, 2015, p.12431 ; GUO D-L. et *al.*, 2018, p222). Il sied de signaler que l'application d'une seule technique ou mesure pour analyser la performance d'un modèle de simulation est vivement déconseillée. Pour que l'approche soit efficace, il est recommandé de combiner plusieurs techniques et mesures.

L'approche retenue dans cette étude consiste à détecter les tendances climatiques et les cycles annuels et interannuels des précipitations d'un côté, d'évaluer la performance des modèles de l'autre en calculant les biais et la corrélation entre les données *in situ* et les données de simulations.

1.3.1-Détection de tendances climatiques, des cycles annuels et interannuels des précipitations

Elle s'est faite à partir de deux méthodes : les valeurs centrées réduites et les mesures statistiques d'évaluation de performance.

Les valeurs centrées réduites : L'anomalie est l'écart d'une valeur observée par rapport à la moyenne. Le calcul consiste à soustraire la normale à chaque valeur observée et de diviser par la suite l'ensemble des données centrées par l'écart type de la série. La nouvelle série, centrée et réduite, ou standardisée est encore appelée série d'anomalie. Elle a donc deux caractéristiques fixes : moyenne nulle et écart type à un.

$$\Delta = \frac{(x_i - \bar{x})}{\sigma}$$

Avec x_i est le total pluviométrique de l'année i ; \bar{x} est la moyenne calculée sur la période d'étude retenue, autrement appelée la normale ; σ l'écart-type de la série.

1.3.2-Mesures statistiques d'évaluation de la performance des modèles

Elles comprennent le biais, l'erreur quadratique moyenne (mean squared error (MSE)) et le coefficient de corrélation de Pearson.

Biais : convertis en pourcentage (Nbiais), il est une mesure de la sous-estimation ou de la surestimation globale d'une variable climatique donnée par les MRC. Les valeurs Nbiais positives traduisent une surestimation. Par contre, les valeurs négatives mettent en évidence une sous-estimation des données par le modèle climatique. L'équation se présente ainsi qu'il suit :

$$\text{Biais} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N (Fi - Oi) \quad \text{ou} \quad \text{Nbais} = \frac{\text{biais}}{\text{moy obs}} * 100$$

F et 0 sont respectivement les valeurs simulées et observées sur la même période i.

Racine des erreurs quadratiques moyennes (RMSE) : ramenée en pourcentage (NRMSE), elle est une mesure de l'erreur absolue du modèle climatique dans la simulation des sorties des modèles climatiques (TAÏBI S. et *al.*, 2021, p242). Quand la valeur de NRMSE est petite, le modèle est bon donc retenu. Dans le cas contraire, il est rejeté car inadapté au climat de la zone

$$\text{ou de la station étudiée.} \quad \text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{N} * \sum_{i=1}^N (Fi - Oi)^2} \quad \text{ou} \quad \text{NRMSE} = \frac{\text{RMSE}}{\text{moy obs}} * 100$$

Coefficient de corrélation de Pearson : permet de mesurer la force de la relation entre les données simulées et les observations. Il varie entre 1 et -1. Un coefficient de corrélation de Pearson de 1 indique une corrélation positive parfaite entre les sorties du modèle et les valeurs observées, alors que -1 traduit une corrélation négative parfaite entre les deux comme le présente le tableau 2. L'équation est la suivante :

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (Fi - \bar{F})(Oi - \bar{O})}{\sqrt{\frac{1}{N} * \sum_{i=1}^N (Oi - \bar{O})^2 \sum_{i=1}^N (Fi - \bar{F})^2}}$$

Niveau de corrélation	Nature de R	
	Positive	Négative
Nul	0	0
Faible	0 à + 0,50	0 à -0,50
Fort	+ 0,50 à 1	-0,50 à 1
Parfait	1	-1

Tableau 2 : Degré d'appréciation du coefficient de corrélation r de Pearson

Source : AKOGLU H. (2018, p.92)

2-Résultats

2.1-Régimes pluviométriques de Mouyondzi

Ils sont appréciés à partir des données observées et simulées.

Données in situ : l'analyse des données de la station synoptique de Mouyondzi met en évidence un régime pluviométrique de type tropical. Il se caractérise par l'alternance d'une saison de pluies et d'une saison sèche à durée inégale. La saison sèche compte cinq mois. Elle va de mai à septembre. Le minimum principal est enregistré au mois de juillet et/ou août. La saison des pluies commence en octobre et prend fin avril. Elle comporte deux maxima séparés par une petite récession pluviométrique en février qui représente le minimum secondaire. A la station de Mouyondzi, le maximum principal est enregistré en novembre et le second au mois d'avril. La saison des pluies dure 7 mois (Fig.2(a)).

Données simulées du MCR GERICS-REMO2015 : il ressort de ce modèle deux types de saisons. La saison des pluies qui va de novembre à mai. Le maximum des pluies tombe en décembre. Quant à la saison sèche, elle dure cinq mois (de juin à octobre). Le mois d'août est le plus sec de l'année. C'est un régime pluviométrique unimodal (fig. 2 (b)).

Données simulées du MCR CLMcom-KIT-CCLM5 : les données simulées par ce modèle donnent un régime pluviométrique bimodal. On distingue deux types de saisons : les saisons des pluies et les saisons sèches. La première commence en janvier et prend fin en mai. Quant à la seconde, elle va d'octobre à décembre. Le mois de novembre est le plus pluvieux suivi de celui d'avril. Les deux saisons des pluies sont séparées par la grande saison sèche qui compte

quatre (4) mois (juin à septembre). Le pic principal est centré sur le mois de juillet et le second en février, représentant la petite saison sèche (fig.2(c))

Données simulées du MCR CCCma-CanRCM4 : les données de ce modèle présentent un régime pluviométrique confus à trois saisons. La première saison des pluies va de décembre à janvier. Elle est suivie d'une petite saison sèche centrée sur le mois de février. Les précipitations reprennent en mars et se terminent en mai ; après survient une longue saison sèche de juin à novembre, soit six mois. Le mois d'avril est le plus pluvieux de l'année. Par contre, septembre est le mois le plus sec (fig. 2 (d)).

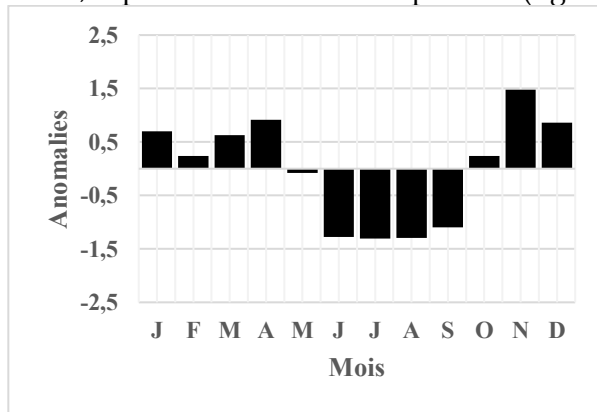


Figure 2 (a) : *In situ*

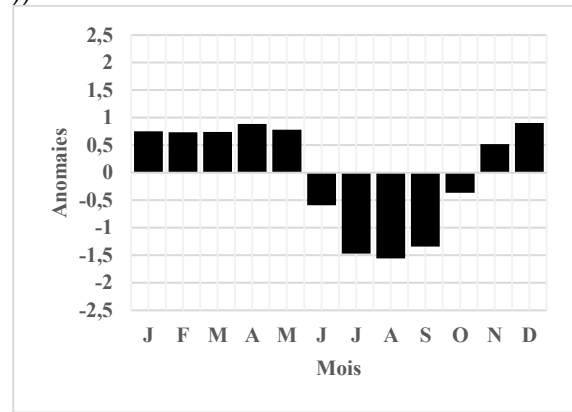


Figure 2 (b) : GERICS-REMO2015

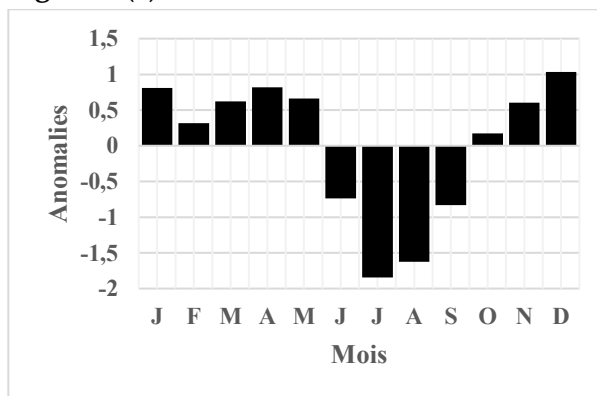


Figure 2 (c) : CLMcom-KIT-CCLM5

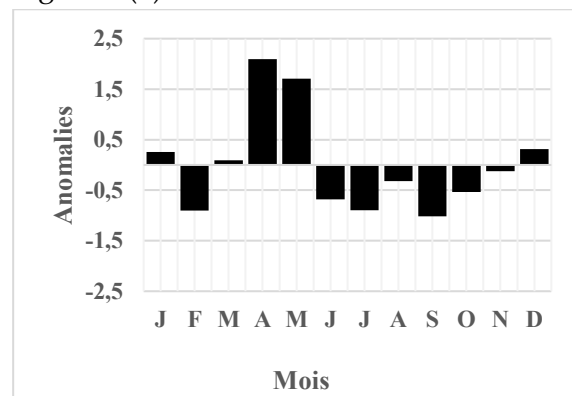


Figure 2 (d) : CCCma-CanRCM4

Figure 2: régimes pluviométriques de Mouyondzi observés et simulés

Source des données : ANAC

Au terme de cette comparaison, il apparaît très clair que les modèles climatiques régionaux CLMcom-KIT-CCLM5 et GERICS-REME2015 semblent bien reproduire le régime pluviométrique de Mouyondzi, malgré quelques nuances que l'on peut observer au niveau des mois. Il s'agit d'un régime unimodal caractérisé par un maximum et un minimum. Quant au modèle CCCma-CanRCM4, le résultat est loin de la réalité observée.

2.2-Comparaison des tendances de l'évolution des précipitations

L'étude comparative des tendances des précipitations a pour objet de détecter le modèle qui parvient à reproduire l'évolution des données observées.

La figure 3 met en exergue l'évolution observée et simulée des précipitations à la station de Mouyondzi sur la période allant de 1971 à 2000.

Données *in situ* : de 1971 à 2000, les précipitations enregistrées à la station de Mouyondzi présentent une légère tendance à la baisse. Ce déficit pluviométrique est évalué à - 428,65 mm d'eau. Elle a commencé à se faire sentir à partir de 1989. En effet, de 1989 à 2000, les anomalies

négligables l'emportent sur des valeurs positives. Pendant cette sous-période, la pluviométrie moyenne était de l'ordre de 982 mm d'eau. Cette valeur est nettement inférieure à la normale qui est de 1402,18 mm. Par contre, on compte plus des années excédentaires que des années déficitaires pendant la période allant de 1971 à 1988. Cette situation met en relief la hausse des précipitations enregistrée à la station de Mouyondzi. Pendant cette sous-période, la pluviométrie moyenne était évaluée à 1410,86 mm d'eau, donc supérieur à la normale (Fig.3 (a)).

Données du modèle CLMcan-KIT-CCLM5 : les données issues de ce modèle sont marquées par une tendance générale à la hausse, une hausse évaluée à 104 mm d'eau en prenant en ligne de compte la différence entre les deux phases. Mais, il convient de noter que la figure 3 (b) met en relief deux périodes excédentaires séparées par une période déficitaire. La première période excédentaire va de 1971 à 1975. La pluviométrie moyenne était de 1002 mm d'eau. La seconde commence en 1989 et prend fin en 2000. Elles sont caractérisées par des valeurs positives des anomalies et une moyenne pluviométrique de l'ordre de 982,2 mm d'eau. La phase déficitaire qui est marquée des anomalies négatives commence en 1976 et se termine en 1988.

Pendant cet épisode, la station de Mouyondzi avait enregistré une pluviométrie moyenne de 888,3 mm, inférieure à la normale (941,7 mm d'eau) (Fig.3 (b)).

Données du modèle GERICS-REMO2015 : les précipitations présentent une tendance générale à la hausse. Cette hausse qui a commencé à se manifester à partir de l'année 1985 a persisté jusqu'en 2000. La pluviométrie moyenne était de 1204,53 mm d'eau, donc supérieure à la moyenne de la série (1202,53 mm d'eau). La période allant de 1971 à 1984 est marquée par une alternance des années déficitaires et des années excédentaires. La moyenne pluviométrique est évaluée à 1200,18 mm d'eau. La différence entre les deux sous-périodes est de +4,34 mm d'eau (Fig.2 (c)).

Données du modèle CCCma-CanESM2 : Les précipitations ont évolué en deux grandes sous-périodes distinctes diamétralement opposées. La première sous-période va de 1971 à 1988. Elle est marquée par des anomalies positives, c'est-à-dire les totaux pluviométriques étaient supérieurs à la normale (1475,54 mm d'eau). Pendant cette phase, la pluviométrie moyenne était de 1474,54 mm d'eau. Quant à la deuxième phase, elle est caractérisée par des anomalies négatives traduisant un déficit pluviométrique (Fig.3 (d)). La pluviométrie moyenne était de 1431,78 mm d'eau. La tendance générale est à la baisse. La différence entre ces deux épisodes est de 42,76 mm d'eau.

L'analyse des résultats de la figure 3 a montré que les modèles climatiques régionaux CLMcan-KIT-CCLM5 et GERICS-REMO2015 présentent des tendances qui s'opposent à celle des données observées : une tendance à la hausse.

Par contre, seul le MCR CCCma-CanESM2 qui parvient à reproduire la tendance des données observées à la station de Mouyondzi, une tendance à la baisse.

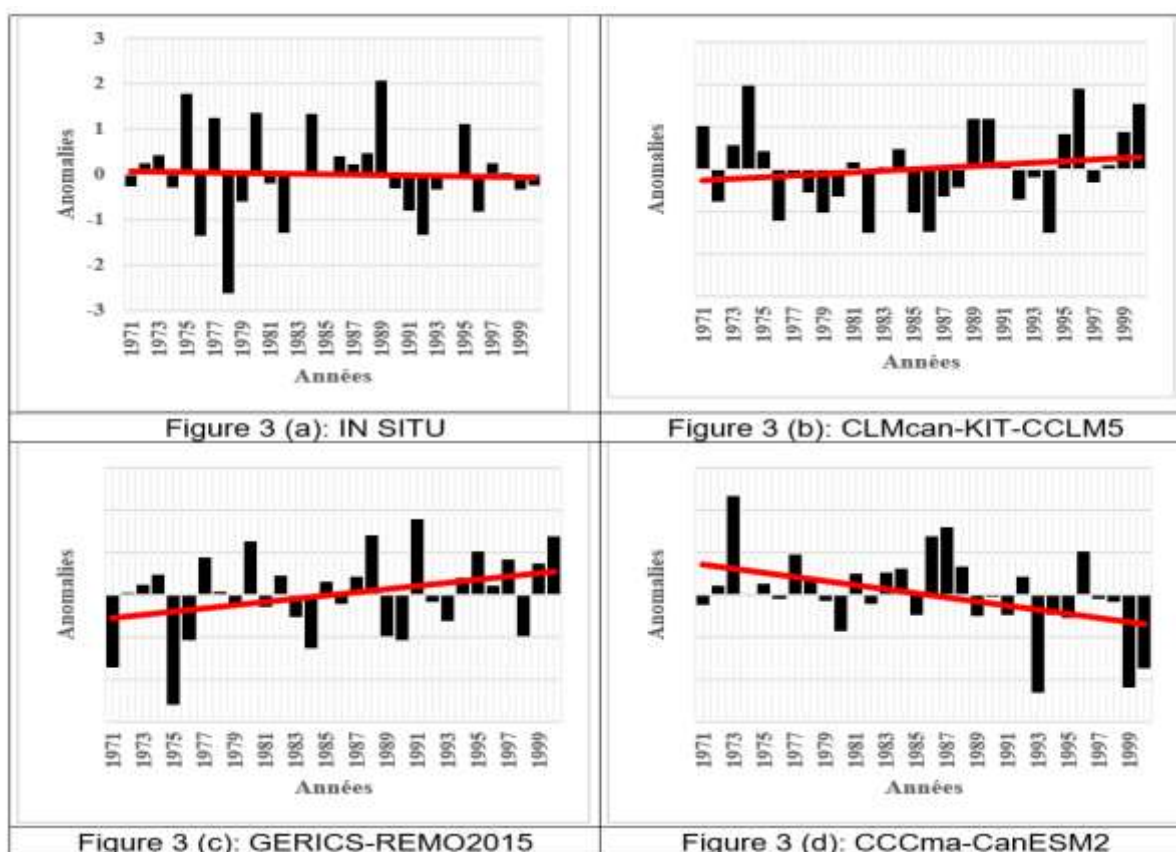


Figure 3: Comparaison des tendances interannuelles des précipitations à Mouyondzi de 1971 à 2000.

Source des données : ANAC

2.3-Paramètres statistiques de validations de MCR

Afin d'évaluer les performances des MCR, l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) recommande l'application d'un certain nombre des paramètres statistiques. Les plus utilisés sont : le biais, l'erreur quadratique moyenne et le coefficient de corrélation.

Les résultats obtenus pour les trois modèles testés ont montré qu'à l'exception de GERICS-REMO2015 ($R=-0,12$), les deux autres MRC à savoir : CCCma-CanRCM4 ($R=0,07$) et CLMcom-KIT-CCLM5 ($R=0,19$) sont positivement corrélés aux données *in situ*. En plus, le MRC CCCma-CanRCM4 (Nbiais=3,93%) surestime les valeurs des précipitations à Mouyondzi alors que les MRC CLMcom-KIT-CCLM5 (Nbiais=-32,61%) et GERICS-REMO2015 (Nbiais=-19,17%) ont tendance à les sous-estimer. Néanmoins, il sied de noter que les trois modèles testés présentent des faibles valeurs de l'erreur quadratique moyenne (NRMSE) (Tableau 2).

MCR	R	BIAIS	Nbiais (%)	RMSE	NRMSE
CCCma-CanRCM4	0,07	55,24	3,93	67,82	4,83
GERICS-REMO2015	-0,12	-268,90	-19,17	35,01	2,49
CLMcom-KIT-CCLM5	0,19	-457,33	-32,61	3,35	0,23

Tableau 2: Résultats des paramètres statistiques de validation de la performance entre les données observées et simulées à Mouyondzi

Source des données : ANAC et <https://cds.climate.copernicus.eu>

3-Discussion

L'étude de validation des modèles climatiques régionaux réalisée sur les données des précipitations de Mouyondzi a donné trois résultats saillants.

D'abord, il convient de noter que l'analyse des données *in situ* a mis en évidence un régime pluviométrique de type tropical. Il se caractérise par un maximum (novembre) et un minimum (juillet). Ce résultat est en conformité avec les conclusions des nombreux travaux réalisés aussi bien sur Mouyondzi en particulier que sur le sud du Congo en général. Dans cette perspective, nous pouvons citer SAMBA KIMBATA M.J. (1978, p.60) qui a travaillé sur le climat du Bas Congo. Il a noté que le climat du Sud-Congo se caractérise par la succession d'une saison des pluies et d'une saison sèche aux durées très inégales. Cette situation est valable pour l'ensemble du sud-Congo qui est influencé par un climat tropical humide et où est située la vallée du Niari.

Les trois MCR analysés simulent différemment le rythme pluviométrique annuel à la station de Mouyondzi. Le CLMcan-KIT-CCLM5 et le GERICS-REMO2015 parviennent à reproduire bien le cycle annuel des précipitations de la vallée du Niari avec quelques nuances observées au niveau des mois. Il s'agit d'un régime pluviométrique unimodal. S'agissant du modèle climatique CCCma-CanRCM4, il a du mal à simuler le rythme annuel des pluies de cette zone. Cette analyse montre que le MCR du programme CORDEX-Africa présente des limites qui ne sont pas propres aux données observées dans la vallée du Niari. Ce constat a été aussi fait pour les stations de Brazzaville (MASSOUANGUI-KIFOUALA M. (2023, p.179) et de Pointe-Noire (MASSOUANGUI-KIFOUALA M., 2022, p.7).

Il en est de même en Algérie. L'étude menée par ZEGHOUD F. Z. (2018, p.32) montre que de tous les modèles utilisés, seuls le MPI-M-MPI-ESM-LR_SMHI-RCA4 et le CNRM-CERFACS-CNRM-CM5_SMHI-RCA4 simulent mieux le régime pluviométrique de la partie nord d'Algérie.

Au Niger, les travaux de MAHAMADOU Y. et *al.* (2018, p.50-51) ont montré que sur 10 MRC analysés, seuls trois modèles à savoir Racmo, RegCM3 et Remo simulent mieux le régime des précipitations. Les MRC captent mieux le régime des précipitations dans le sud que dans le nord du Niger. SEIDOU O. (2017, p.33) a fait une classification des MCR par ordre de performance.

Ensuite, au sujet des tendances interannuelles, il a été observé que le MCR CCCma-CanRCM4 simule mieux la tendance interannuelle des données observées, bien que la tendance à la baisse soit plus accentuée. Le CLMcan-KIT-CCLM5 et le GERICS-REMO2015 présentent une tendance à la hausse qui est contraire aux données *in situ*. Ce comportement des MRC a été aussi mis en relief au Sénégal par A. BADARA SARR et M. CAMARA (2017, p.210).

Enfin, les MCR CLMcan-KIT-CCLM5 et GERICS-REMO2015 sous-estiment les totaux pluviométriques de la Vallée du Niari alors que le MCR CCCma-CanRCM4 les surestiment. Ces valeurs des BIAIS sont assez élevées si on le compare à celles obtenues au nord d'Algérie (ZEGHOUD F., 2018, p.29) mais plus ou moins importantes par rapports aux résultats obtenus à Brazzaville (MASSOUANGUI-KIFOUALA M., 2023, p.181). En Ethiopie, les études menées par YIMER S.M. et *al.* (2022, p.1) ont montré des BIAIS vont de +760 mm à 582 mm entre les données observées et les données simulées sur la période historique.

En plus, les valeurs des NRMSE sont faibles dans l'ensemble. Ce qui signifie que ces modèles sont bons. Par ailleurs, le coefficient de corrélation de Pearson (R) montre une relation positive et négative entre les données des précipitations observées et les sorties des modèles. Ce coefficient est presque nul pour le MRC CCma-CanRCM4.

CONCLUSION GÉNÉRALE

En définitive, la connaissance du climat futur demeure un atout indéniable pour bâtir des stratégies durables de lutte contre le changement climatique.

Cette étude s'est intéressée à l'évaluation la performance de trois modèles climatiques régionaux à savoir le CCCma-CanRCM4, GERICS-REMO2015 et CLMcan-KIT-CCLM5 de l'expérience CORDEX-Africa. Les données de simulation de ces trois modèles ont été comparées aux observations *in situ* de la station synoptique de Mouyondzi située dans la vallée du Niari. Après différentes analyses, trois grands constats se dégagent.

Premièrement, il sied de noter que le modèle climatique régional CLMcom-KIT-CCLM5 et GERICS-REMO2015 parviennent à reproduire le cycle annuel des précipitations, un régime caractérisé par un maximum et un minimum.

Deuxièmement, les trois modèles n'ont pas la même capacité de simuler les tendances de l'évolution des précipitations dans la vallée du Niari. Les modèles climatiques régionaux CLMcan-KIT-CCLM5 et GERICS-REMO2015 présentent des tendances qui sont contraires à celle des données observées. Seul le MCR CCCma-CanESM2 qui parvient à reproduire la tendance des données observées à la station de Mouyondzi, une tendance à la baisse.

Troisièmement, de ces trois modèles, les mieux adaptés pour une étude du climat futur de la vallée du Niari sont les modèles CLMcan-KIT-CCLM5 et le CCCma-CanESM2 après correction des biais. Ils présentent une racine des erreurs quadratiques moyennes (RMSE) faibles et une parfaite corrélation avec les données *in situ*. Mais, la meilleure option serait d'adopter pour une approche multimodèle vu les incertitudes liées aux sorties de ces modèles.

BIBLIOGRAPHIE

AKOGLU Haldun, 2018, « User's guide to correlation coefficients », *Turkish Journal of Emergency Medicine*, 18, p.91-93.

BADARA SARR Alioune et CAMARA Moctar, 2017, « Evolution des indices pluviométriques extrêmes par l'analyse le Sur Le Sénégal », *European Scientific Journal*, édition Vol.13, No.17 :206-222, URL: <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n17p206>, doi: 10.19044/esj.2017.v13n17p206

CRETAT Julien, POHL Benjamin et Richard Y, 2012 : *Les modèles climatiques régionaux : outils de décomposition des échelles spatio-temporelle*, France, Université BOURGOGNE, 10^e rencontre de THEO ISSN 1769-6895, 11 p.

FAO, 2018 : *renforcer les politiques sectorielles pour améliorer la sécurité alimentaire et la nutrition : note d'information*, 44p.

GIEC, 1995 : *Changement de climat*, rapport, seconde évaluation, 74 p. HERNANDEZ-DIAZ Leticia, LAPRISE Rene, SUSHAMA Laxmi, MARTYNOV Andrey, WINGER Katja and DUGAS Bernard, 2013 : « Climate simulation over CORDEX Africa domain using the fifth-generation Canadian Regional Climate Model (CRCM5) », *Clim Dyn* (40):1415-1433, DOI 10.1007/s00382-012-1387-z

MAHAMADOU Yacoubou, MOUSSA MOUNKAILA Saley et MADE Fode, 2018, « Analyse multi modèle régional de climat des régimes de précipitations et de températures au Niger », *La Météorologie*, n°101, p.50-61.

MAHAMADOU Yacoubou, MOUSSA Mounkaila Saley, MADE Fode, 2018 : « Analyse multimodèle régional de climat des régimes de précipitations et de températures au Niger », *La Météorologie*, N°101, 12p

MANKESSI Jean, 2013, *Les contraintes climatiques et bioclimatiques et leurs incidences en agricultures pluviale sur le plateau Babémbé*, Thèse de Doctorat, Université Marien Ngouabi, FLASH (République du Congo), 288p.

MASCARO Giuseppe, WHITE Dave D., WESTERHOFF Paul and BLISS Nadya, 2015 : « Performance of the CORDEX-Africa regional climate simulations in representing the hydrological cycle of the Niger River basin », *Geophys. Res. Atmos.*, 120 :12.425–12.444, doi:10.1002/2015JD023905

MASSOUANGUI-KIFOUALA Martin, 2014, *Les aléas pluviométriques et pratiques paysannes dans les pays du Niari*, République du Congo, Thèse de Doctorat Université Marien NGOUABI, 271 p.

MASSOUANGUI-KIFOUALA Martin, 2022 : « Evolution récente et future des précipitations du site urbain de l'agglomération de Pointe-Noire, République du Congo », *Afrique SCIENCE* 21(3) :1 – 14, <http://www.afriquescience.net>

MASSOUANGUI-KIFOUALA Martin, 2023, « Choix et validation des modèles climatiques régionaux du programme CORDEX-Africa pour les projections des précipitations de l'agglomération de Brazzaville (République du Congo) », *DaloGéo*, revue scientifique spécialisée en Géographie, Université Jean Lorougnon Guédé, numéro spécial 003, septembre 2023 ISSN 2707-5028, 173-187p.

NIKULIN Grigory, JONES Colin, GIORGI Filippo, ASRAR Ghassem, BUCHNER Matthias, CEREZO-MOTA Ruth, OLE BOSSING Christensen, DEQUE Michel, FERNANDEZ Jesus, ANDREAS Hansler, ERIK Van Meijgaard, PATRICK Samuelsson, MOUHAMADOU BAMBA Sylla and LAXMI Sushama, 2012, «Precipitation Climatology in an Ensemble of CORDEX-Africa Regional Climate Simulations», *Journal of Climate*, Vol. 25, p. 6057-6078

SADAME M. Yimer, BOUANANI Abderrazak, KUMAR Navneet, TISCHBEIN Bernhard and BORGEMEISTER Christian, 2022 : « Assessment of Climate Models Performance and Associated Uncertainties in Rainfall Projection from CORDEX over the Eastern Nile Basin, Ethiopia », *Climate*, 10, 95 : 1-32, <https://doi.org/10.3390/cli10070095>, 32p.

SAMBA-KIMBATA Marie-Joseph, 178 : *Le climat du Bas Congo*, thèse de doctorat 3^{ème} cycle, Univ. de Dijon, 281p.

SEIDOU Ousmane, 2017, *Evaluation de la performance des modèles climatiques sur le Niger*, projet Banque Africaine de développement, 65 p.

TAÏBI Sabrina, ZEROUAL Ayoub and MELHANI Naziha, 2021, « Evaluation de deux méthodes de correction de biais des sorties de modèles climatiques régionaux Cordex-Africa pour la prévision des pluies : cas du bassin côtier oranais », *Proc.IAHS*, 384, p.213 – 218

YIMER Sadame. M., BOUANANI Abderrazak, KUMAR Navneet, TISCHBEIN Bernhard and BORGEMEISTER Christian, 2022 : « Assessment of Climate Models Performance and Associated Uncertainties in Rainfall Projection from CORDEX over the Eastern Nile Basin, Ethiopia ». *Climate*, 10, 95. <https://doi.org/10.3390/cli10070095>

ZEGHOUD Fatma Zhora, 2018 : *Evaluation de la performance des modèles climatiques régionaux CORDEX dans la simulation des conditions climatiques actuelles au nord de l'Algérie*, mémoire, 32 p.