



INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
LOME (TOGO)

ETUDES TOGOLAISES

Revue Togolaise
des
Sciences

Vol 15, n°2 - Juillet- Décembre 2021 - ISSN 0531 - 2051

Publication Semestrielle

ETUDES TOGOLAISES

Revue Togolaise des Sciences

Vol 15, n°2 – Juillet – Décembre 2021 - ISSN 0531 - 2051



Publication semestrielle

Institut National de la Recherche Scientifique (INRS)

BP 2240 LOME – TOGO

Tél (228) 22 21 01 39 / (228) 22 21 39 94

Email : inrstogo@yahoo.fr

ETUDES TOGOLAISES

**Revue publiée sous le haut patronage du Ministre de
l'Enseignement Supérieur et de la Recherche**

Directeur de Publication : **Prof. Kouami KOKOU**

Rédacteur en chef : **Dr. Sénamé Dodzi KOSSI**

Responsables Administratifs et Financiers : **M. Frédéric Adjagnon NADOR /
M. Wakilou BONFOH**

Comité scientifique de lecture

- Pr. Messanvi GBEASSOR, Lomé – Togo
- Pr. Kouami KOKOU, Lomé – Togo
- Pr. Fidèle Messan NUBUKPO, Lomé – Togo
- Pr. Mireille PRINCE-DAVID, Lomé – Togo
- Pr. Kossi KOUMAGLO, Lomé – Togo
- Pr. Moustapha KASSE, Dakar – Sénégal
- Pr. Adolé GLITHO, Lomé –Togo
- Pr. Serge GLITHO, Lomé - Togo
- Pr. Kossi NAPO, Lomé – Togo
- Pr. Comla de SOUZA, Lomé – Togo
- Pr. Akuetey SANTOS, Lomé – Togo
- Pr. Nandedjo BIGOU-LARE, Lomé – Togo
- Pr. Taladidia THIOMBIANO, Ouagadougou – Burkina Faso
- Pr. Koffisa BEDJA, Lomé - Togo
- Pr. Mawuena GUMEDZOE, Lomé – Togo
- Pr. Koffi NDAKENA, Lomé – Togo
- Pr. Koffi AKPAGANA, Lomé – Togo
- Pr. Komla SANDA, Lomé – Togo
- Pr. Komi TCHAKPELE, Lomé – Togo
- Pr. Maurille AGBOBLO, Lomé –Togo
- Pr. Aimé GOGUE, Lomé –Togo
- Pr. Egnonto M. KOFFI-TESSIO, Lomé – Togo
- Pr. Gauthier BIAOU, Cotonou – Bénin
- Pr. Koffi AHADZI-NONOU, Lomé – Togo
- Pr. Badjow TCHAM, Lomé – Togo
- Pr. Edinam KOLA, Lomé – Togo
- Pr. Kokou Folly Lolowou HETCHELI, Lomé – Togo
- Pr. Pépévi KPAKPO (MC), Lomé – Togo
- Pr. Adzo Dzifa KOKOUTSÈ, Lomé – Togo
- Pr. Adou YAO, Abidjan – Côte d'Ivoire
- Pr. Essohanam BATCHANA, Lomé– Togo
- Pr. Nutéfé Koffi TSIGBE, Lomé – Togo
- Pr. Gbati NAPO (MC), Lomé – Togo
- Pr. Kaoum BOULAMA, Niamey– Niger

- Prix du numéro : 2 500 Fcfa

- Abonnement : 4 500 Fcfa / An

Toute correspondance concernant la revue doit être adressée à :
Etudes Togolaise « Revue Togolaise des Sciences », BP 2240 LOME – TOGO ;
Tél. (228) 22 21 01 39 / (228) 22 21 39 94
Email: inrstogo@yahoo.fr

SOMMAIRE

1. Traitement de la dépression au Togo : expérience de l'association vie libérée (AVL) au Togo Lodegaèna Bassantéa KPASSAGOU , Université de Lomé au Togo, Pascal Yendukoa DOUTI , animateur de l'AVL, Ogma HATTA , Université de Limoges, France.....	5
2. L'impact socio-économique et environnemental du fumage traditionnel du poisson à Abobodoumé (Abidjan, côte d'ivoire) et à Katanga (Lomé, Togo) : étude comparée, Kouassi Ernest YAO , Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa, Côte d'Ivoire, Eyanah ATCHOLE , Ecole Normale Supérieure (ENS) Atakpamé, Togo.....	11
3. Conséquences psychologiques et résilience chez les personnes amputées d'un membre, Kaka KALINA , Université de Lomé, Togo.....	33
4. Analyse prospective des échanges web et fidélisation de la clientèle des produits maraichers, Clément GBÊHI , Université d'Abomey-Calavi, Bénin, Yao W. Japhet HOUNWANOU , Université d'Abomey-Calavi, Bénin, Albert AZALOU-TINGBÉ , Université d'Abomey-Calavi, Bénin.....	51
5. CTMB /OTP et restructuration sociale et spatiale à Hahotoe et ses environs de 1959 à 2002, Kodjo AGBODO , Université de Lomé, Togo.....	66
6. Exploitation du marbre et processus morphogéniques sur le périmètre de Pagala-village dans le Centre-Ouest du Togo, Dangnisso BAWA , Université de Lomé, Togo.....	81
7. Jugement de l'interruption volontaire de grossesse (ivg) des femmes adultes au Togo, Massima PISSA , Université de Lomé, Togo, Lonzozou KPANAKE , Université du Québec (TELUQ).....	101
8. Éléments déterminants de l'érosion hydrique dans le quartier d'Agoè-Adjougba à la périphérie nord de la ville de Lomé (sud-Togo), Amenouvéné AMEDEKA Kokou , Université de Lomé, aldja KANKPENANDJA , Université de Kara, Dangnisso BAWA , Université de Lomé, Tak Youssif GNONGBO , Université de Lomé.....	114
9. Esquisse d'un environnement stratégique d'offre de compétences en intelligence économique dans les universités du Togo, Laré Batouth PENN , Université de Lomé, Togo.....	132
10. Stress perçu et coping chez les patients souffrant d'insuffisance cardiaque au Togo, Marodégueba BARMA , Université de Lomé, Togo.....	146
11. Sir francis burton: ein nomade zwischen kulturen. zur mobilität und kulturellen hybridisierung in ilija trojanows roman <i>der weltensammler</i> , Boaméman DOUTI , Université de Lomé, Togo.....	159
12. Taking Responsibility for the other: Societal Controversies and Family Love in Toni Morrison's <i>Home</i> , Alexandre Nubukpo , Université de Lomé, Togo.....	169
13. De l'approche rationnelle dans le positionnement politique des universitaires camerounais, Martin Raymond Willy MBOG IBOCK , Université de Douala, Cameroun.....	177
14. Production et consommation de l'eau vendue en sachet dans le district d'Abidjan, Koffi Siril KOUAME , Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, Jean Louis NIAMKE , Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, Mahier Jules Michel BAH , Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire.....	195
15. École normale supérieure (ENS) d'Atakpamé, cinquante ans au service de la formation professionnelle des enseignants au Togo (1968 -2018), Bassa Esso TCHANGAI , Ecole normale supérieure (ENS) d'Atakpamé.....	207
16. Connaissances attitudes pratiques des infirmiers sur la douleur chez les enfants atteints de maladies hématologiques et oncologiques au CHU Sylvanus Olympio de Lomé, Koffi Koffi Mawuse GUEDENON , Université de Lomé, Togo, Mawouto FIAWOO , Université de Lomé, Togo, Djatougbe Ayaovi Elie AKOLLY , Université de Lomé, Togo, Essohana PADARO , Université de Lomé, Togo, Fidèle Comlan DOSSOU , Université de Lomé, Togo, Ounoo Elom TAKASSI , Université de Lomé, Togo, Dzayissé Yawo ATAKOUMA , Université de Lomé, Togo, Adama Dodji GBADOE , Université de Lomé, Togo,.....	223

17. La construction dynastique de la « maison du Président » : une sociogenèse de la structure du pouvoir d'Omar Bongo, Placide ONDO , Université Omar Bongo.....	234
18. Déterminants de la persistance des conflits fonciers a Segb2, une périphérie ouest de Lomé (Togo), Fulbert Arsène Komi ADJAYI , Université de Lomé, Togo, ATTIOGBEVI-SOMADO Attisso kafu-Ata , Sociologue, expert en suivi-évaluation à l'Organisation internationale pour les migrations (OIM), République de Guinée, Sénamé Dodzi KOSSI , Institut National de la Recherche Scientifique (INRS) – Togo,.....	254
19. État des lieux de l'utilisation des outils numériques pour la gouvernance locale dans les municipalités du Togo, Komlan ODJIH , Université de Kara, Togo.....	269
20. Problématique de développement du tourisme international dans le périmètre urbain de Kara au nord-Togo, Kossi AGBEYADZI , Université de Kara, Kara, Togo.....	288
21. Effet du probiotique SPSL sur les performances des pintadeaux de chair issus des œufs stockés à différents temps, Larounga TCHANILEY , Université de Lomé, Togo, Bèlè Priscilla THEOU , Université de Lomé, Togo, Tchadjobo TCHACONDO , Université de Lomé, Togo.....	308
22. Communication interactive dans l'éducation à la biodiversité en République Démocratique du Congo, Valery NGOY NDALA , Institut Supérieur Pédagogique de Kalemie, Province du Tanganyika, RDC, Daniel NSIMBA BWANGA , Université de Lubumbashi, Province du Haut-Katanga, RDC.....	322
23. Ostéomyélite aiguë chez l'enfant drépanocytaire au chu Sylvanus Olympio de Lomé : aspects épidémiologiques, cliniques, thérapeutiques et évolutifs, Koffi Mawuse GUEDENON , Université de Lomé, Togo, Djatougbe Ayaovi Elie AKOLLY , Université de Lomé, Togo, Mawouto FIAWOO , Université de Lomé, Togo, Fidèle Comlan DOSSOU , Université de Lomé, Togo, Ounoo Elom TAKASSI , Université de Lomé, Togo, Balakibawi ESSO , Université de Lomé, Togo, Ambidath ONIFADE , Université de Lomé, Togo, Yvon AGBEKO , Université de Lomé, Togo, Akibou GERALDO , Université de Lomé, Togo, Essohana PADARO , Université de Lomé, Togo, Koffi Edem DJADOU , Université de Lomé, Togo, Dzayissé Yawo ATAKOUMA , Université de Lomé, Togo, Adama Dodji GBADOE , Université de Lomé, Togo.....	334
24. Transition professionnelle « travail-école » : motif d'engagement en formation universitaire et engagement organisationnel, Sadji N'Ghansohfi GBANDEY , Université de Lomé, Togo, Bassah GBATI , Université de Lomé, Togo, Badji OUYI , Université de Lomé, Togo, Paboussoum PARI , Université de Lomé, Togo.....	344
25. Représentations sociales des personnes vivant avec l'albinisme et problématique de l'intégration sociale des albinos à Sogbossito dans la commune d'Agoè-Nyievé i, Lardja KANATI , Université de Kara, Togo, Matiéyendou KOMBATE , Université de Lomé.....	356
26. La comparaison comme démarche de compréhension du fait urbain : exemple de quelques travaux, Coffi Cyprien AHLOU , Université de Lomé, Togo.....	371
27. Changement climatique et risques d'érosivité de pluie dans le deuxième pôle de développement agricole (nord Bénin, Afrique de l'ouest), Ibikunlé Alain AGUE , Université d'Abomey Calavi, Bénin, Cyr Gervais ETENE , Université d'Abomey-Calavi, Bénin, Somiyabalo PILABINA , Université de Lomé, Togo, Ibouraïma YABI Université d'Abomey-Calavi, Bénin,	384

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET RISQUES D'ÉROSIVITÉ DE PLUIE DANS LE DEUXIÈME PÔLE DE DÉVELOPPEMENT AGRICOLE (NORD BÉNIN, AFRIQUE DE L'OUEST)

Ibikunlé Alain AGUE¹²¹

Université d'Abomey Calavy, Bénin

ibikalain@yahoo.fr

Cyr Gervais ETENE¹²², Université d'Abomey-Calavi, Bénin

cyr_gervais_etene@hotmail.com

Somiyabalo PILABINA¹²³ Université de Lomé, Togo, spilabina85@gmail.com

Ibouraïma YABI¹²⁴ Université d'Abomey-Calavi, Bénin, ibouyabi@gmail.com

Résumé

L'érosion hydrique est préjudiciable à la stabilité des sols et à l'agriculture surtout dans le contexte actuel de changement climatique. Le présent travail vise à évaluer l'impact des changements climatiques sur l'érosivité des pluies dans le deuxième Pôle de Développement Agricole (PDA 2) situé au Nord du Bénin. Les données utilisées regroupent les précipitations mensuelles de 10 stations extraites de la base de Météo Bénin et couvrant la période de 1999 – 2018 puis les données de simulation du modèle climatique HadGEM2-ES à l'horizon 2041-2060 sous les scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5. L'érosivité des pluies a été déterminée à l'aide de l'indice d'Arnoldus et les changements sont analysés par les méthodes d'Ardoïn (2004) et de Totin (2010). Les résultats montrent que PDA2 subit globalement une forte agressivité des pluies. Ainsi, le niveau de risque d'érosivité des pluies est élevé ou très élevé selon les stations. Selon les scénarii RCP 4.5 ou RCP 8.5, l'indice d'Arnoldus est nettement supérieur à 160 ; ce qui correspond à un risque d'érosivité des pluies très élevé pour l'ensemble des stations. Les valeurs les plus élevées sont obtenues à la station de Guénè avec 233,60 sous le RCP 4.5 et 223,13 sous RCP 8.5. En référence à la période de 1999-2018, on assiste à une augmentation de l'indice d'Arnoldus de 11,69 % (station d'Ina) à 45,90% (station de Guénè) sous RCP 4.5 puis de 8,85% (Station de Kalalé) à 39,37% (Station de Guénè) sous le scénario RCP 8.5.

Mots clés : Bénin, PDA2, Changement climatique, érosivité des pluies, activités agricoles

Abstract

Water erosion is detrimental to soil stability and agriculture, especially in the current context of climate change. This work aims to assess the impact of climate change on rainfall erosion in the second Agricultural Development Pole (PDA 2) located in northern Benin. The data used brings together the monthly precipitation of 10 stations extracted from the Météo Bénin database and covering the period from 1999 - 2018 then the simulation data of the HadGEM2-ES climate model for 2041-2060 under the

¹²¹ EDP/UAC-Bénin, ibikalain@yahoo.fr

¹²² LACEEDE/DGAT/FASHS/UAC-Bénin, cyr_gervais_etene@hotmail.com

¹²³ LAREESH, Département de Géographie, UL, Togo, spilabina85@gmail.com

¹²⁴ LACEEDE/DGAT/FASHS/UAC-Bénin, ibouyabi@gmail.com, ibouyabi@gmail.com

RCP 4.5 and RCP scenarios. 8.5. The rainfall erosivity was determined using the Arnoldus index and the changes are analyzed by the methods of Ardoin (2004) and Totin (2010). The results show that PDA2 is globally subjected to a strong aggressiveness of the rains. Thus, the risk level of rain erosion is high or very high depending on the station. According to the RCP 4.5 or RCP 8.5 scenarios, the Arnoldus index is clearly greater than 160; which corresponds to a very high risk of rain erosion for all the stations. The highest values are obtained at the Guénè station with 233.60 under RCP 4.5 and 223.13 under RCP 8.5. With reference to the period from 1999-2018, there is an increase in the Arnoldus index from 11.69% (Ina station) to 45.90% (Guénè station) under RCP 4.5 then from 8, 85% (Kalalé station) to 39.37% (Guénè station) under the RCP 8.5 scenario.

Keywords: Benin, PDA2, Climate change, rainfall erosivity, agricultural activities

Introduction

En Afrique de l'Ouest, les changements climatiques se manifestent entre autres par une forte irrégularité saisonnière et intra-saisonnière de pluies, l'apparition des séquences sèches parfois sévères et une tendance à la hausse des températures sans oublier l'occurrence des événements extrêmes : graves inondations ou sécheresses (CILSS, 2015, p.3). La recrudescence de ces événements accélère l'érosion des sols (Y.G. Zhang *et al.*, 2010, p.97) et pourrait influencer négativement les activités socio-économiques des populations locales (A.B. Sarr et M. Camara, 2017, p.207).

Au Bénin, la physionomie climatique a également connu diverses mutations au cours des dernières décennies (F. Chédé, 2012, pp.29 ; M. Boko *et al.*, 2012, pp.14 ; I. Yabi et F. Afouda, 2012, p.39 ; M.S. Issa, 2012, p.13 ; E. Lawin *et al.*, 2013, p.53). On observe une très forte variabilité des pluies journalières extrêmes à plusieurs endroits du pays notamment au Nord-Ouest entre les latitudes 10 ° et 11°30 (A.I. Agué et A. Afouda, 2015, p.124). Dans la zone soudanienne du Bénin, les saisons agricoles sont marquées par l'insuffisance des totaux pluviométriques qui s'associe aux démarrages tardifs et arrêts précoces des pluies puis à l'apparition de séquences sèches (I. Yabi, 2018, p.131). Ces perturbations climatiques ont induit la dégradation des composantes écologiques comme le sol et se sont soldées par des impacts négatifs sur le système de production agricole. Or le secteur agricole occupe environ 70% de la population active, contribue pour près de 33% au PIB, fournit environ 75% des recettes d'exportation et 15% des recettes de l'Etat (INSAE, 2015).

Les problèmes posés par l'érosion sont par ailleurs connus depuis plusieurs siècles mais les recherches ne se sont développées que depuis 50 ans en Afrique (E. Roose et G. De Noni, 2004, p.121). Au Bénin, la quasi-totalité des localités sont touchées par l'érosion pluviale qui se présente sous forme de rigoles, de ravins et de ravines (C.G. Eténé, 2017, p.41). Elle entraîne la dégradation des attributs fonctionnels des pores du sol, permettant de retenir et de transmettre l'eau pour la croissance des racines (J. Avakoudjo *et al.*, 2018, p.22). L'érosivité des pluies est l'un des facteurs déterminants, dans la quantification de l'érosion. Elle caractérise l'agressivité de la pluie et dépend de son énergie cinétique puis de l'intensité horaire maximum observée pendant 30 min (A. Bollinne *et al.*, 1979, p.79). Face à la rareté des données pluviographiques, journalières, des formules prenant en compte des pluies au pas de temps mensuel et

annuel ont été établies. Les changements futurs des précipitations induiront des variations du pouvoir érosif de la pluie (Y.G. Zhang *et al.*, 2010, p.97).

Par ailleurs, plusieurs Modèles climatiques sont développés et peuvent fournir des données de simulation réalistes sur le climat (GIEC, 2013, p.13).

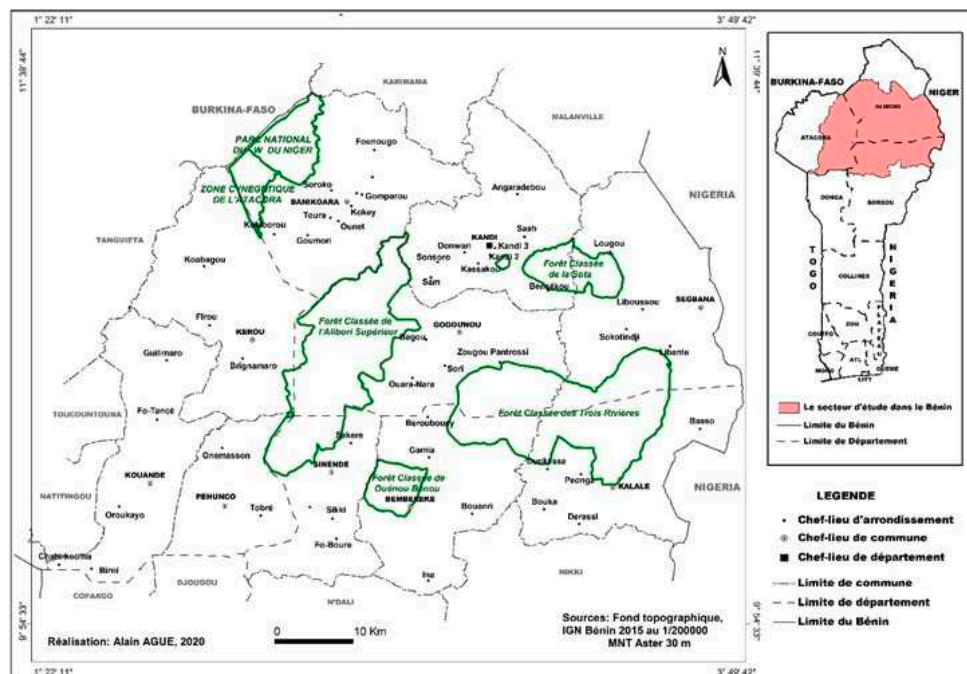
Au regard de tout ce qui précède, la question ci-après se dégage : quels sont les effets des changements climatiques sur le pouvoir érosif de la pluie dans le deuxième Pôle de Développement Agricole (PDA 2) ? La présente recherche, a pour objectif d'analyser l'impact des changements climatiques sur l'érosivité des pluies dans PDA 2.

1. Matériels et méthodes

1.1. Milieu de recherche

Le PDA2 se situe entre 10°13' et 11°18' de latitude Nord et entre 1°41' et 3°41' de longitude Est (figure 1) couvre partiellement trois (03) départements du nord Bénin à savoir le Sud de l'Alibori, le Nord du Borgou et l'Est de l'Atacora. Il regroupe dix (10) communes que sont Kandi, Banikoara, Gogounou, Ségbana, Kalalé, Bembèrèkè, Sinendé, Kérou, Kouandé et Péhunco. Il est caractérisé par une saison des pluies qui s'étend d'avril à septembre dans la partie nord et jusqu'en octobre dans la partie sud.

Figure 1 : Localisation du milieu d'étude



Les sols sont principalement de types ferrugineux tropicaux. Ils sont relativement profonds de 1 à 4 m généralement très bien drainés au moins sur 1 m de profondeur. Très cultivés, ils sont sensibles à l'érosion avec d'importantes contraintes sur l'agriculture.

Le relief est marqué par la chaîne de l'Atacora qui culmine à plus de 760 m, le plateau de la région de Sinendé et les collines appelées "Monts de Bembèrèkè" forment la zone montagneuse du Pôle surtout avec des pentes supérieures à 10 %, qui sont responsables des phénomènes d'érodibilités observés dans le milieu d'étude.

D'après le quatrième Recensement Général de la Population et de l'Habitat, la densité moyenne de la population est de trente-six (36) habitants au km² avec un taux de population rurale établie à 66,8% de la population totale et répartie dans 109046 ménages agricoles. Le taux d'accroissement de la population est estimé 4,3. Les communes qui présentent les plus forts taux de croissance sont Banikoara (5,8%), Kalalé et Gogounou (4,7%), Kandi (4,6%). Ces taux d'accroissement dépassent la moyenne nationale qui est 3,4%.

L'agriculture est l'une des principales activités économiques du milieu et est essentiellement pluviale. Mais les techniques cultures à savoir les labours, le déboisement, les feux de végétation sont aussi les amplificateurs de l'érosivité dans le PDA 2.

2.3. Méthodes de collecte et de traitement des données

Les données utilisées dans le cadre de cette étude sont les statistiques pluviométriques au pas de temps mensuelles de 10 stations (tableau 1) situées à l'intérieur ou non loin de la zone d'étude couvrant la période de 1999 à 2018, obtenues auprès du Service Climatologique de Météo Bénin et les données cartographiques.

Tableau 1 : Stations climatiques du secteur d'étude

Stations	Type	Latitude	Longitude	Pluie
Alfakoara	P	11,4500	3,0666	1951 à 2018
Guene	P	11,7167	3,2667	1951 à 2018
Banikoara	P	11,3000	2,4333	1951 à 2018
Kandi	S	11,1333	2,9333	1951 à 2018
Ina	P	9,96666	2,7333	1951 à 2018
Kérou	C	10,8333	2,1000	1951 à 2018
Nikki	P	9,93333	3,2000	1951 à 2018
Natitingou	S	10,3166	1,3833	1951 à 2018
Kalalé	P	10,3000	3,3833	1951 à 2018
Bembèrèkè	P	10,2000	2,6666	1951 à 2018
S= Synoptique ; P=Pluviométrique ; C= Climatique				

Source : Travaux de terrain, juillet, 2019

Pour l'analyse des tendances futures à l'horizon 2041 - 2060, il a été utilisé les données de pluie mensuelle simulées par le modèle climatique HadGEM2-ES sous les scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5. Elles proviennent des archives regroupées sous le projet climatique Coupled Model Intercomparison Project 5 (CMIP5) du World Climate Research Programme (WCRP) (S. Pilabina, 2019, p.29).

L'indice d'Arnoldus (1980) est utilisé pour analyser l'érosivité des pluies. Il a l'avantage de considérer toutes les pluviométries mensuelles de l'année contrairement

à l'indice de Fournier (1960) qui prend en compte la pluviométrie du mois le plus arrosé.

L'indice d'Arnoldus (IA) s'obtient par la formule :

$$IA = \sum_{i=1}^{12} (p_i^2 / P)$$

Avec p_i : Pluie moyenne de chaque mois (mm) et P : Pluviosité moyenne annuelle (mm).

Le tableau 2 présente les classes de cet indice proposées par un comité de la commission européenne qui a travaillé sur les risques d'érosion (CEC, 1992).

Tableau 2 : Classes de l'indice d'Arnoldus

Classes	Description	Indice d'Arnoldus (1980)
1	Très faible	< 60
2	Faible	60 – 90
3	Moyenne	90 – 120
4	Elevée	120 – 160
5	Très élevée	> 160

Source : CEC, 1992

L'analyse des indicateurs des changements climatiques (pluviométriques) est faite à l'aide de la formule d'Ardoin, 2004, p.12 et de Totin, (2010), p.134 :

$$IC = \frac{M_2 - M_1}{M_1} * 100$$

Avec IC = indicateur de changement ou d'évolution ; M_1 = Moyenne de référence 1999 - 2018 et M_2 = Moyenne à l'horizon 2041 - 2060.

2. Résultats

Le résultat met en relief les estimations de l'indices d'érosivité, l'évolution de la pluviométrie dans le deuxième Pôle de développement agricole et l'évolution de l'indice Arnoldus entre la période de référence 1999-2018 et l'horizon 2041-2060.

2.1. Estimation de l'indice d'érosivité de Arnoldus dans le PDA2

Le tableau 3 présente les valeurs obtenues pour l'érosivité des pluies suivant la formule de Arnoldus (1980) pour dix (10) stations du PDA2.

Tableau 3 : Valeur de l'érosivité des pluies d'Arnoldus

Station	Altitude	Pluie Annuelle	Maxi Mensuelle	Mois plus pluvieux	Indice d'Arnoldus
Alfakoara	282	1007,62	217,93	Août	153,35
Banikoara	310	966,59	247,02	Août	177,72
Kandi	290	1000,62	262,73	Août	186,48
Guenè	209	792,77	216,95	Août	160,10
Kalalé	410	1135,21	242,77	Août	189,28
Bembèrèkè	491	1092,41	232,33	Août	176,21
Nikki	402	1036,87	229,19	Août	168,46
Ina	358	1085,82	257,88	Août	181,19
Natitingou	460	973,57	227,54	Août	154,62
Kérou	314	1077,61	268,68	Août	185,08

Source : Agué, traitement de données de Météo Bénin, 2020

Le tableau 2 montre que les valeurs les plus élevées de l'indice correspondent aux pluviométries les plus élevées. Les valeurs de l'indice d'Arnoldus varient de 153,35 pour la station de Alfakoara à 189,28 pour la station de Kalalé. En considérant les classes de l'indice, le risque d'érosivité des pluies est élevé pour deux stations et très élevé pour les autres. Le milieu d'étude subit globalement une forte agressivité des pluies pouvant entraîner une dégradation des sols.

De plus, août reste le mois le plus pluvieux de toutes les stations. Cette situation permet de dire qu'août est considéré comme le mois où l'activité érosive est très intense, ce qui est à la base de la dégradation des terres agricoles dans la zone d'étude. La photo 1 montre un exemple d'érosion hydrique dans une rizière de la commune de Gogounou.

Photo1 : Exemple d'érosion pluviale dans un champ de riz dans la commune de Gogounou



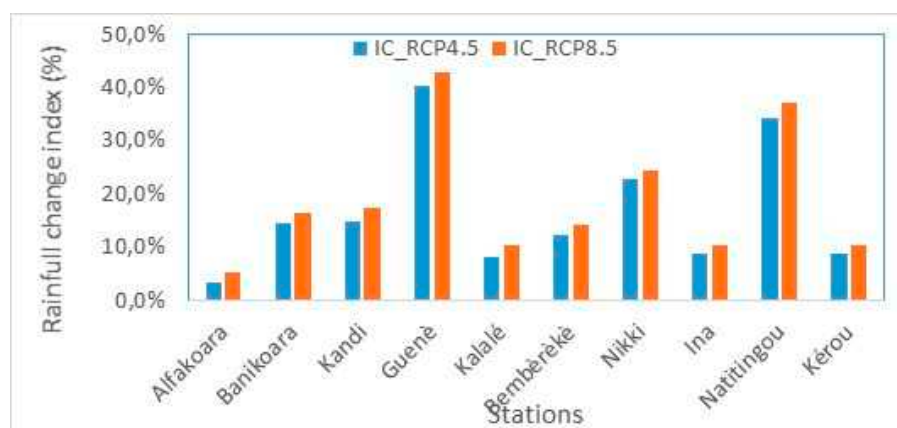
Prise de vue : Agué, mars 2021

2.2. Evolution de la pluviométrie dans le deuxième Pôle de développement agricole

À l'horizon 2041-2060 et par rapport à la période de référence 1999 – 2018, le modèle climatique HadGEM2-ES prévoit une augmentation de la pluviométrie annuelle au niveau de toutes les stations quel que soit le scénario considéré (figure 2).

L'augmentation est estimée à plus de 20 % à Guéné, Nikki et Natitingou pour les scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5. De même, elle varie de 8 % à 18 % au niveau des stations de Kalalé, Banikoara, Kandi, Bembèrèkè, Ina et Kérou. La station d'Alfakoara se singularise avec une augmentation de 3,3 % sous le RCP 4.5 et 5,4 % sous RCP 8.5. Cette forte variabilité de la pluviométrie sur la période projetée ne serait pas sans conséquence sur les risques d'érosion du sol.

Figure 2 : Variation future des précipitations annuelles



Le tableau 4 présente les mois plus humides, à l'horizon 2041-2060 sous les scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5.

Tableau 4 : Mois plus humides selon le modèle HadGEM2-ES à l'horizon 2041-2060

Station	Horizon 2041-2060	
	Mois le plus humide suivant RCP4.5	Mois le plus humide suivant RCP8.5
Alfakoara	Août	Août
Banikoara	Août	Août
Kandi	Août	Août
Guenè	Août	Août
Kalalé	Août	Août
Bembèrèkè	Août	Août
Nikki	Août	Août
Ina	Août	Août
Natitingou	Août	Août
Kérou	Août	Août

Source: Agué, traitement des données pluviométriques de simulation, 2021

De l'analyse de ce tableau il ressort que le mois d'août est le plus pluvieux à l'horizon 2041-2060 quel que soit la station et le scénario avec stabilisation des émissions avant

la fin du XXI^e siècle à un niveau faible (RCP 4.5) ou le plus pessimiste (RCP 8.5). Il s'en suit donc qu'à l'horizon 2041-2050, le mois le plus à risque d'érosion hydrique resterait inchangé.

2.3. Evolution de l'indice Arnoldus entre la période de référence 1999-2018 et l'horizon 2041-2060

Le tableau 5 illustre l'évolution de l'indice d'Arnoldus entre la période de référence et l'horizon futur (2041-2060) sous les RCP 4.5 et RCP 8.5.

Tableau 5 : Evolution de l'Indice d'Arnoldus entre la période de référence et l'Horizon futur

Station	RCP4.5		RCP8.5	
	Arnoldus index	Variation (%)	Arnoldus index	Variation (%)
Alfakoara	207,09	35,05	196,95	28,44
Banikoara	221,66	24,72	209,07	17,64
Kandi	225,94	21,16	215,99	15,82
Guenè	233,60	45,90	223,13	39,37
Kalalé	211,89	11,95	206,04	8,85
Bembèrèkè	215,94	22,55	210,93	19,70
Nikki	208,94	24,03	205,50	21,99
Ina	202,37	11,69	197,83	9,18
Natitingou	217,03	40,36	214,01	38,41
Kérou	218,12	17,85	208,48	12,64

Source: Agué, traitement des données pluviométriques historiques et de simulation, 2021

De l'analyse de ce tableau, Il ressort qu'au niveau de toutes les stations, l'indice Arnoldus augmente de 11,69 % (station d'Ina) à 45,90 % (station de Guénè) sous RCP 4,5 et de 8,85 % (station de Kalalé) à 39,37 % (station de Guénè) sous RCP 8.5. Quel que soit la station et le scénario considéré, l'indice d'Arnoldus est nettement supérieur à 160. Les valeurs les plus élevées sont obtenues à la station de Guénè située plus au nord et s'élèvent à 233,60 sous le RCP 4.5 et à 223,13 sous le scénario le plus pessimiste. Il est donc possible que l'on assiste à une aggravation des risques d'érosivité des pluies dans le milieu de recherche.

3. Discussion

Les résultats obtenus sont similaires à ceux de K. Maamar-Kouadri *et al.*, (2016, p.291) qui, à l'aide de la formule d'Arnoldus ont également trouvé que les valeurs de l'indice d'érosivité les plus élevées correspondent aux pluviométries élevées dans le Tell oranais (Algérie). La forte agressivité des pluies corrobore les résultats obtenus par A. A. Ayéna *et al.*, (2019, p.202) dans le sud du bassin de la Sota (Autour de Bembèrèkè, Ina et Nikki) en utilisant des hauteurs de pluies annuelles couvrant la période de 1971 à 2015 et la formule adoptée par Ahiekpor (2011), p.43 ». De même S. Pilabina (2019, p.201), à l'aide de l'indice de Fournier et des données couvrant la période de 1950 à 2015 a enregistré une forte érosivité des pluies dans l'extrême nord du Togo, une région frontalière dont les caractéristiques sont similaires à celles de la

zone d'étude. Le même auteur a également identifié entre autres le mois d'Août comme étant le plus humide.

Plusieurs études prévoient des augmentations comme des déficits à partir de divers modèles climatiques et sous plusieurs scénarii. Les résultats de la projection pluviométrique à l'horizon 2050 obtenus dans le présent travail rejoignent la large gamme d'étude effectuée en Afrique de l'Ouest et confirme une fois encore les risques d'inondation et de sécheresse liés au réchauffement planétaire (M. B. Sylla *et al.* 2016, p.25 ; A. B. Sarr et M. Camara, 2017, p.207).

À l'échelle annuelle, K. E. Kouakou *et al.*, (2014, p.154) ont montré qu'à l'horizon 2031-2040, les précipitations de l'Afrique de l'Ouest pourraient varier de -30 % à + 40 %. La même source a trouvé que la partie centrale de l'Afrique de l'ouest qui regroupe entre autre le Sud du Niger et le Nord du Nigéria qui sont des zones limitrophes de notre milieu d'étude, peut connaître un accroissement pluviométrique annuel de 10% à 40 %.

L'augmentation prévue de l'érosivité des pluies va jusqu'à 50,49 % (à Kandi et sous RCP 4.5) tandis qu'à l'échelle annuelle et avec le modèle CSIRO-MK3.5, l'augmentation est limitée à 33% dans le Rif Occidental au nord du Maroc (F. Choukri *et al.*, 2016, p.89).

Conclusion

La présente étude a permis d'apprécier l'évolution de l'érosivité des pluies dans le Pôle de Développement Agricole Alibori Sud-Borgou Nord-2KP à partir des données d'observations de 10 stations et des simulations sous les scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5.

De façon globale, le PDA2 subit une forte agressivité des pluies au regard de l'indice d'Arnoldus qui varie de 153,35 à 189,28. De même, on pourrait assister à une augmentation de la pluviométrie annuelle à l'horizon 2041-2060 par rapport à la période de référence 1999-2018 sous les deux scénarios considérés. A l'horizon 2041-2060, les données de simulation prévoient une aggravation des risques d'érosivité des pluies avec une augmentation de l'indice d'érosivité allant jusqu'à 45,90% à Guénè et sous RCP4.5.

Ces résultats interpellent une fois encore les décideurs, notamment sur la nécessité de développer les aménagements hydroagricoles et agropastoraux à travers les réhabilitations et les nouvelles réalisations. Les pratiques culturelles qui limitent l'érosion des sols méritent d'être identifiées et vulgarisées en milieu paysan.

Références bibliographiques

- AGUE Ibikunké Alain et AFOUDA Abel, 2015, « *Analyse fréquentielle et nouvelle cartographie des maxima annuels de pluies journalières au Bénin* ». Int. J. Biol. Chem. Sci. 9 pp. 121-133.
- ARDOIN-BARDIN Sandra, 2004, *Variabilité hydro-climatique et impacts sur les ressources en eau de grands bassins hydrographiques en zone soudano-sahélien*. Thèse de doctorat. Université de Montpellier II. 440 p.

- AVAKOUDJO Julien, TOKO IMOROU Ismaila, KOUELO Alladassi Félix, KINDOMIHOU Valentin, AMADJI Guillaume Lucien et SINSIN Augustin Brice, 2018, « *Typologie des Dongas et effet de l'érosion hydrique sur l'acide et la teneur en matière organique des sols à Karimama au Nord-Ouest du Bénin* ». Revue de Géographie du Bénin Université d'Abomey-Calavi (Bénin) Volume thématique. décembre 2018. pp. 22 – 42.
- AYENA Ayédon Abraham, TOTIN VODOUNON Sourou Henri et VISSIN Expédit Wilfrid, 2020. « *Sensibilité Potentielle du Bassin Versant de la Sota à l'Erosion Hydrique* ». **International Journal of Progressive Sciences and Technologies**.18 (1). p. 196-208.
- BOKO Michel, KOSMOWSKI Frédéric et VISSIN Expédit Wilfrid, 2012, *Les Enjeux du Changement Climatique au Bénin*, Konrad-Adenauer-Stiftung Programme pour le Dialogue Politique en Afrique de l'Ouest, Cotonou, Bénin. p. 72.
- CHOUKRI Fatiha, CHIKHAOUI Mohamed, NAIMI Moustapha, RACLOT Damien, PEPIN Yannick et LAFIA Kifayath, 2016, « *Impact du changement climatique sur l'évolution de l'érosivité des pluies dans le Rif Occidental (Nord Du Maroc)* ». European Scientific Journal. 12(32): pp. 79-93.
- CEC (Commission of European Communities) 1992, *Corine Soil erosion risk and important land resources in the southern regions of the European Community*. Brussels. Commission of the European Community EUR 13233 EN. Luxembourg. Office for official Publications of the European Community. 97 p.
- CHEDE Dakpanon Félicien, 2012, *Vulnérabilité et stratégies d'adaptation au changement climatique des paysans du Département des Collines au Bénin : cas de la commune de Savé*. Mémoire de Mastère changement climatique. Niamey. Agrhymet. 65 p.
- CILSS Agrhymet, 2015, *L'agriculture intelligente face au climat : une solution gagnante pour relever le défi de l'insécurité alimentaire et la lutte contre la désertification au Sahel et en Afrique de l'Ouest*. Note aux décideurs. Niamey. Niger. 9p.
- ETENE Cyr Gervais, 2017, « *Erosion ravinante dans l'Arrondissement de Togba au Benin. Climat et Développement* ». Laboratoire Pierre PAGNEY : Climat. Eau. Ecosystèmes et Développement (LACEEDE) de l'Université d'Abomey-Calavi. Cotonou. Bénin. pp. 41-56.
- FOURNIER Frédéric, 1960, *Climat et érosion : la relation entre l'érosion du sol par l'eau et les précipitations atmosphériques*. Presses universitaires de France. Paris: 201 p.
- ISSA Maman-Sani, 2012, *Changements climatiques et agro-systèmes dans le moyen Bénin : Impacts et stratégies d'adaptation*. Thèse de doctorat unique de géographie. UAC/FLASH/EDP. 278 p.
- KOUAKOU Koffi Eugene, KOUADIO Zile Alex, KOUASSI Francis William, GOULA Bi Tie Albert & SAVANE Issiaka, 2014, « *Modélisation de la température et de la pluviométrie dans un contexte de changement climatique : cas de l'Afrique de l'Ouest* ». *Afrique SCIENCE*. 10(1):145-160.

- LAWIN Agnidé Emmanuel, AKPONIKPE Irénikatché Pierre Bienvenu, JALLOH Abdulai, NELSON. Gerald Charles et THOMAS Scott Timothy, 2013, *In West African Agriculture and climate change: A comprehensive analysis. Edited by Abdulai Jalloh, Gerald Charles Nelson, Timothy Scott Thomas, Robert Zougmore, and Harold Roy-Macauley*. 408p.
- MAAMAR-KOUADRI Kaddour, KOURI Lakhdar. et CHEBOUTI Yahia, 2016, “Using the Arnoldus Indice to map the risks of rainfall Erosivity in the Tell Oran (Algeria)”. *Geo-Eco-Trop* 40(4) : 287-296.
- MEPN. 2010, *Etude de la vulnérabilité. des impacts et de l'adaptation des ressources en eau du Bénin aux changements climatiques*. Rapport d'étude. Cotonou. Bénin. 97p.
- PILABINA Somiyabalo, 2019, *Dynamique du climat dans le Togo central et septentrional*. Thèse de doctorat. Université de Lomé. 320 p.
- ROOSE Eric, et DE NONI Georges, 2004, « Recherches sur l'érosion hydrique en Afrique : revue et perspectives ». *Sécheresse*. 15(1). pp. 121-129.
- SARR Alioune Badara et CAMARA Moctar, 2017, « Evolution des Indices Pluviométriques Extrêmes Par L'analyse De Modèles Climatiques Régionaux Du Programme CORDEX: Les Projections Climatiques Sur Le Sénégal ». *European Scientific Journal. ESJ*. 13. 17 (Jun. 2017). 206. DOI:<https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n17.p206>.
- SYLLA Mouhamadou Bamba, NIKIEMA Michel Pinghouinde, GIBBA Peter, KEBE Ibourahima et KLUTSE Nana Ama Browne, 2016, “Climate change over West Africa: Recent trends and future projections. In *Adaptation to Climate Change and Variability in Rural West Africa*”; Springer: New York. NY. USA; pp. 25–40.
- TOTIN Vodounon Sourou Henri, 2010, *Sensibilité des eaux souterraines du bassin sédimentaire côtier du Bénin à l'évolution du climat et aux modes d'exploitation : stratégies de gestion durable*. Thèse de doctorat unique de Géographie physique. Université d'Abomey-Calavi. Laboratoire Pierre PAGNEY. Climats. Eau. Ecosystèmes et Développement (LACEEDE). 283 p.
- YABI Ibouaïma, 2018, « Sécheresse pluviométrique dans la zone soudanienne au Bénin : Manifestations et Implications pour une agriculture climato-résiliente ». *Dynamiques Spatiales et Développement : Revue semestrielle du Laboratoire d'Etudes des Dynamiques Urbaines et Régionales*. numéro spécial 002 : 115-134.
- YABI Ibouaïma et AFOUDA Fulgence, 2012, “Extreme rainfall years in Benin (West Africa)”. *Quaternary International*. 262 (7): 39-43. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2010.12.010>.
- ZHANG Yongguang, NEARING Mark, ZHANG Xi-Cheng, XIE Yao et WEI Hong, 2010, “Projected rainfall erosivity changes under climate change from multimodel and multiscenario projections in Northeast China”. *Journal of Hydrology* 384: 97-106.



Institut National de la Recherche Scientifique. INRS
BP: 2240 LOME - TOGO
Tél. (228) 22 21 01 39 / (228) 22 21 39 94
E-mail : inrstogo@yahoo.fr