



UNIVERSITE ABDOU MOUMOUNI

Laboratoire d'Etude et de Recherche sur les Territoires
Sahélo-Sahariens : Aménagement et Développement

Revue scientifique thématique semestrielle
Environnement et Dynamique des Sociétés



N° 009

Décembre

2023

ISSN



Presse Universitaire de Niamey



UNIVERSITE ABDOU MOUMOUNI (NIGER)

*Laboratoire d'Etude et de Recherche sur les Territoires
Sahélo-Sahariens : Aménagement et Développement*

LERTESS - AD

Revue scientifique thématique semestrielle

Environnement et **D**ynamique des **S**ociétés



Photo de couverture: Situation topographique et illustration de ravinement, village de Hamdara (Zinder)

BADAMASSI MALAM ABDOU M., juillet 2022

MAQUETTE & PAO: Dr MAMAN WAZIRI MATO Zaneidou, LERTSS/AD, UAM - Niamey

N° 009

ISSN



1859-5146

DECEMBRE 2023

Note aux auteurs

La revue « Environnement et Dynamique des Sociétés » du Laboratoire d'étude et de recherche sur les territoires sahélo-sahariens : aménagement, développement est une revue thématique semestrielle. Elle publie en français ou en anglais des articles originaux ou des ouvrages résultant des recherches effectuées dans l'école doctorale Lettres, Arts, Sciences de l'Homme et de la Société par des chercheurs extérieurs dans les domaines d'intérêt de la revue. Pour faciliter l'édition, les auteurs sont invités à suivre les recommandations suivantes :

- [1]. En principe aucun article ne doit occuper plus de 15 pages dans la revue, tout compris, sachant qu'une page de la revue contient environ 500 mots.
 - [2]. Le manuscrit doit être soumis en version numérique. L'article doit répondre à la structure suivante :
 - a) Pour un article qui est une contribution théorique et fondamentale : le titre (il doit être concis mais complet et précis), le nom et prénoms de l'auteur ou les noms et prénoms des auteurs suivis de son titre ou de leurs titres académiques ou professionnels, le nom de l'institution ou les noms des institutions d'appartenance de l'auteur ou des auteurs et son adresse ou leurs adresses (y compris les adresses mail). Le plan du texte doit répondre au schéma suivant : Introduction (justification du thème, problématique, hypothèses/objectifs scientifiques, approche), Développement articulé, Conclusion, Bibliographie.
 - b) Pour un article qui résulte d'une recherche de terrain : le titre (il doit être concis mais complet et précis), le nom et prénoms de l'auteur ou les noms et prénoms des auteurs suivis de son titre ou de leurs titres académiques ou professionnels, le nom de l'institution ou les noms des institutions d'appartenance de l'auteur ou des auteurs et son adresse ou leurs adresses (y compris les adresses mail). Le plan du texte doit répondre au schéma suivant : Introduction, Méthodologie, Résultats et Discussion, Conclusion, Bibliographie.
 - [3]. Le texte au format A4, doit être saisi en police Times New Roman, taille 12 pour le corps du texte et 14 pour les titres et avec un interligne de 1,5. Les articulations d'un article, à l'exception de l'introduction et de la conclusion et de la bibliographie doivent être titrées et numérotées par des chiffres (exemples : 1. 1.1. 1.2. ; 2. ; 2.1. ; 2.2.1. ; 2.2.2. ; 3. ; etc.).
 - [4]. Les auteurs peuvent envoyer leurs textes qui doivent être traités en Word sur PC par Internet à EDS : revueeds@gmail.com.
 - [5]. Tout article doit être accompagné d'un résumé n'excédant pas 200 mots avec indication des mots clés au maximum 5 en français et d'un Abstract et des Key words en anglais. Ces résumés doivent permettre au lecteur d'apprécier exactement l'intérêt de l'article, les problèmes posés, les méthodes employées et les résultats obtenus. Ils doivent être rédigés avec le plus grand soin, dans une langue claire.
 - [6]. Les illustrations qui doivent être pertinentes (photos, croquis, graphiques, cartes et tableaux) se limiteront au minimum nécessaire.
 - [7]. Les références bibliographiques : elles doivent être citées dans le texte de la manière suivante : (B. Yamba, 1975, p21). Lorsque la référence comporte plus de trois auteurs, seul le premier auteur sera mentionné suivi de : « et al. ». A la fin de l'article, les références constituant la bibliographie doivent être citées par ordre alphabétique croissant et de date pour un même auteur le tout numéroté. Pour chaque référence, inclure les noms complets de tous les auteurs. Une référence en ligne (Internet) est acceptable si elle s'avère fiable et crédible, on prend soin de mentionner le lien (la page web). Exemple : ANTHELME Fabien, BOISSIEU Dimitri, GIAZZI Franck et WAZIRI MATO Maman - (Page consultée le 30 mai 2011) *Dégradation des ressources végétales au contact des activités humaines et perspectives de conservation dans le massif de l'Air (Sahara, Niger)* - Vertigo, La revue électronique en sciences de l'environnement, Vol.7 no2, Adresse URL : <http://www.vertigo.uqam.ca/>.
- Exemples :
- ▽ **Pour un article de journal ou revue** : Nom (s) suivi du prénom (s) de l'auteur (s); la date de parution de l'article : le titre de l'article, le titre du périodique en italique et précédé de « in » ; le volume et le numéro de la première et de la dernière page de l'article. Exemple : BOUZOU MOUSSA Ibrahim., 2003 - Les loupes d'érosion, formes majeures de dégradation des terres de glaciés à sols indurés : Cas de Bogodjotou (Niger). In *Annales de l'Université Abdou Moumouni de Niamey*, Tome VII, pp. 220-228.
 - ▽ **Pour les ouvrages** : le nom de l'auteur précédé du prénom (s) ; la date de l'édition ; le titre complet de l'ouvrage en italique ; le nombre de volumes et le nombre total de page ; le nom de l'éditeur ; le lieu de l'édition. Exemple : KILANI Mondher et WAZIRI MATO Maman, 2000 - *Gomba Hausa : dynamique du changement dans un village sahélien du Niger*, éditions Payot, Lausanne, 175 pages.
 - ▽ **Pour un chapitre dans un ouvrage** : le nom de l'auteur précédé du prénom (s) ; la date de l'édition ; le titre complet du chapitre; le titre de l'ouvrage en italique, le nom de l'éditeur entre parenthèse; la maison d'édition ; le lieu de l'édition. Exemple : MOTCHO Henri Kokou, 2007 - Dynamique urbaine et intégration régionale en Afrique de l'Ouest. - In : *Les États-nations face à l'intégration régionale en Afrique de l'Ouest : le cas du Niger*, (WAZIRI MATO, éd.), Karthala, Paris, pp. 121-137.
 - ▽ **Pour un article d'acte de colloque** : le nom de l'auteur précédé du prénom (s) ; la date de l'édition ; le titre de l'article, titre du colloque précédé de in, le nom de la revue, le lieu d'édition, le volume et le numéro de la première et de la dernière page de l'article. Exemple : BOUZOU MOUSSA Ibrahim, 1998 - Dégradation des terres et pauvreté au Niger : cas du terroir villageois de Windé - Bago (Dallol Bosso Sud). In: *Actes du Colloque du Département de Géographie FLSH/UAM Niamey 4-6 juillet 1996. Urbanisation et pauvreté en Afrique de l'Ouest*. Annales de l'Université Abdou Moumouni de Niamey, n° Hors Série, pp.49-61.
 - ▽ **Pour une agence gouvernementale ou internationale considérée comme auteur** : Ministère de l'Aménagement du Territoire et du Développement Communautaire, 2006 - *Guide national d'élaboration d'un plan de développement communal*, Direction Générale du Développement Communautaire, 35 pages.
- [8]. Les notes : elles doivent être en bas de chaque page et mentionnées dans le texte par leur numéro respectif. La police est la même avec le texte mais de taille 10.
 - [9]. Les cartes, les graphiques et les figures: ils doivent être produits à l'échelle définitive avec des dimensions adaptées au format de la revue. Les titres sont placés en haut.
 - [10]. Les photographies : il faut fournir des tirages bien contrastés en couleurs ou en noir et blanc. Les titres sont placés en haut.
 - [11]. Les tableaux: ils sont numérotés en chiffre arabe et le titre doit être placé en bas.

UNIVERSITE ABDOU MOUMOUNI (NIGER)

Laboratoire d'Étude et de Recherche sur les Territoires Sahélo-Sahariens : Aménagement et Développement
Revue scientifique thématique semestrielle
Environnement et Dynamique des Sociétés

DIRECTEURS DE PUBLICATION

Directeur de publication : Pr AMADOU Boureima

Directeur Adjoint de publication : Pr YAMBA Boubacar

COMITE SCIENTIFIQUE

Pr AMADOU Boureima, Université Abdou Moumouni, Niamey ; Pr BOUZOU MOUSSA Ibrahim, Université Abdou Moumouni, Niamey; Pr MOTCHO Kokou Henri, Université Abdou Moumouni, Niamey ; Pr ISSA DAOUDA Abdoul-Aziz, Université Abdou Moumouni, Niamey ; Pr TCHAMIE T.K. Thiou, Université de Lomé (Togo) ; Pr TANDINA OUSAMANE Mahamane, Université Abdou Moumouni, Niamey ; Pr TIDJANI ALOU Mahamane, Université Abdou Moumouni, Niamey ; Pr YAMBA Boubacar, Université Abdou Moumouni, Niamey ; Pr ZOUNGROUNA Pierre Tanga, Université J. K. de Ouagadougou (Burkina Faso) ; Pr WAZIRI MATO Maman, Université Abdou Moumouni, Niamey ; Pr BONTIANTI Abdou, Université Abdou Moumouni, Niamey ; Pr MOUNKAÏLA Harouna, Université Abdou Moumouni, Niamey, Pr. BOULAMA Kaoum, Université Abdou Moumouni de Niamey, Pr BOUKPESSI Tchaa, Université de Lomé (Togo), Pr. YABI Ibouaïma, Université d'Abomey-Calavi (Benin), Pr. KABLAN N'guessan Hassy Joseph, Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan (Côte d'Ivoire).

COMITE DE REDACTION

Rédacteur en chef : Pr WAZIRI MATO Maman

Rédacteur en chef Adjoint : Pr DAMBO Lawali

Membres : Pr MOUNKAILA Harouna, Dr BODE Sambo (MC), Dr ABDOU YONLIHINZA Issa (MC), Dr YAYE SAIDOU Hadiara (MC), Dr BAHARI IBRAHIM Mahamadou (MC), Dr MAMAN Issoufou (MC), Dr KONE MAMADOU Mahaman Moustapha(MA), Dr ALI Nouhou(MA).

Nota Bene : Les opinions et analyses présentées dans ce numéro n'engagent que leurs auteurs et nullement la rédaction de la revue Environnement et Dynamique des Sociétés (EDS).

ADRESSE :

Laboratoire d'Étude et de Recherche sur les Territoires Sahélo-Sahariens : Aménagement et Développement

UNIVERSITE ABDOU MOUMOUNI

BP: 418 Niamey - NIGER. **Email:** revueeds@gmail.com

© Copyright : Revue EDS, 2023

COMITE DE LECTURE

- ✿ Pr. BOULAMA Kaoum, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)
- ✿ Pr. ELHADJI OUMAROU Chaibou, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)
- ✿ Pr. KADET GAHIE Bertin, Ecole Normale Supérieure d'Abidjan (Côte d'Ivoire)
- ✿ Pr. KOUADIO Guessan, Université Félix Houphouët Boigny (Côte d'Ivoire)
- ✿ Pr. MOUNKAÏLA Harouna, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)
- ✿ Pr. OUMAROU Amadou, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)
- ✿ Pr. SOULEY Kabirou, Université André Salifou de Zinder (Niger)
- ✿ Pr. SOUMANA KINDO Aïssata, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)
- ✿ Pr. WAZIRI MATO Maman, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)
- ✿ Pr. YABI Ibouaïma, Université d'Abomey-Calavi (Benin)
- ✿ MC. ABDOU YONLIHINZA Issa, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger)
- ✿ MC. ADO SALIFOU Arifa Moussa, Université André Salifou de Zinder (Niger)
- ✿ MC. FANGNON Bernard, Université d'Abomey Calavi (Benin)
- ✿ MC. KASSI-DJODJO Irène, Université Félix-Houphouët-Boigny d'Abidjan (Côte d'Ivoire)
- ✿ MC. KOFFI-DIDIA Adjoba Marthe, Université Félix-Houphouët-Boigny d'Abidjan (Côte d'Ivoire)
- ✿ MC. MAMADOU Ibrahim, Université André Salifou de Zinder (Niger)
- ✿ MC. NABE Bammoy, Université de Kara (Togo)
- ✿ MC. OUATTARA Seydou, Université Félix-Houphouët-Boigny d'Abidjan (Côte d'Ivoire)
- ✿ MC. TRAORÉ Porna Idriss, Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan (Côte d'Ivoire)

SOMMAIRE

LA RENAISSANCE DES PLANTATIONS DE CACAOYERS AUX COTES DES ANACARDIERS DANS LA SOUS-PREFECTURE D'ASSUEFRY (NORD-EST DE LA COTE D'IVOIRE) _____	8
<i>KOFFI Yao Jean Julius⁽¹⁾</i>	
BARRAGE DE DIAMA, ACCES AUX RESSOURCES, MIGRATIONS DE RETOUR ET CONFLITS : ETUDE DE CAS DES COMMUNES DE DIAMA ET DE RICHARD-TOLL (SENEGAL) _____	33
<i>MBALLO Coly^{(1)*} et SOW Papa⁽²⁾</i>	
DÉGRADATION DES ROUTES ET SOUTENABILITÉ DES MOBILITÉS VILLES-CAMPAGNES DANS LE DÉPARTEMENT DU MAYO - TSANAGA (CAMEROUN) _____	56
<i>ATANGANA BAMELA Hyacinthe⁽¹⁾</i>	
GOVERNANCE ET CRISE DU SOUS-SECTEUR DU TRANSPORT URBAIN À L'OUEST- CAMEROUN _____	71
<i>ATANGANA BAMELA Hyacinthe^{(1)*} et ELONG NGANDO EPOSSY Marthe Aimée⁽²⁾</i>	
URBANISATION ET CONNECTIVITE DES VILLES DANS LA REGION DE L'OUEST, CAMEROUN _____	85
<i>AKOKE ABEM David Xavier^{(1)*}, LABE SADJO Solange⁽²⁾ et ATANGANA BAMELA Hyacinthe⁽³⁾</i>	
LES STRATEGIES D'INSERTION DES REFUGIES MALIENS DANS LA VILLE D'AYOROU ____	100
<i>Abdoulaye Boureima Hassane⁽¹⁾</i>	
CONNAISSANCES, ATTITUDES ET PRATIQUES DES FEMMES EN ÂGE DE PROCREER SUR L'INCOMPATIBILITE FOETO MATERNELLE RHESUS D DANS LA COMMUNE DE MORIBABOUGOU (PERIPHERIQUE DE BAMAKO) _____	113
<i>CISSE Moussa⁽¹⁾, MALAM MAMANE SANI Ibrahim^{(2)*} et TRAORE Anassa⁽³⁾</i>	
STRATEGIES DE LUTTE DES ACTEURS LOCAUX CONTRE L'ENSABLEMENT DES VALLEES A NATRON DANS LA REGION DU LAC A L'OUEST DU TCHAD _____	125
<i>BAYANG Sirbéle^{(1)*} et ISSA JUSTIN Laougué⁽¹⁾</i>	
IMPACTS DES PLUIES EXCEPTIONNELLES SUR LES INFRASTRUCTURES SOCIO- ECONOMIQUES : CAS DE LA PLUIE DU 17 JUILLET 2022 DANS LE VILLAGE DE HAMDARA (NIGER) _____	145
<i>BADAMASSI MALAM ABDOU Moutari⁽¹⁾, ABBA Bachir^{(1)*}, MALAM ABDOU Moussa⁽¹⁾ et DJADJI Bagana⁽¹⁾</i>	
CONFLITS FONCIERS A LA PERIPHERIE DU PARC NATIONAL DE WAZA (EXTREME-NORD, CAMEROUN) _____	161
<i>REDASSA HENENE⁽¹⁾, SIRINA^{(2)*} et HOUSSEINI Vincent⁽³⁾</i>	
DEFIS DES BIOTECHNOLOGIES POUR UN DEVELOPPEMENT HUMAIN _____	181
<i>DJASRABÉ BONDO^{(1)*} et ALNDINGANGAR DIMNGAR⁽²⁾</i>	
LE PROGRAMME ALIMENTAIRE MONDIAL (PAM) FACE A LA DYNAMIQUE MIGRATOIRE DES VILLAGES D'ALLAKAYE ET KARKARA DANS LA REGION DE TAHOUA (NIGER) ____	195
<i>AMADOU GOUMANDEY Goumandey⁽¹⁾</i>	

FAISABILITE D'UN AMENDEMENT BIOCHAR DE TIGES DE COTONNIERS DANS LA REGION ADMINISTRATIVE DES HAUTS-BASSINS (BURKINA FASO)	207
<i>OUEDRAOGO Wendlassida^{(1)*}, OUEDRAOGO Lucien⁽²⁾ et KAMBIRE Gouroumana⁽³⁾</i>	
CHANGEMENT CLIMATIQUE ET ACTIVITES HUMAINES : QUELS IMPACTS SUR LA MORPHOLOGIE DU FLEUVE LOGONE ?	221
<i>DJEMON Model⁽¹⁾</i>	
CHANGEMENT CLIMATIQUE, ACTION PUBLIQUE ET AGRICULTURE : L'INTERVENTION DU PUDC DANS LE VILLAGE DE BOULIERY NDILOFFENE (COMMUNE DE TAÏF) AU SENEGAL	234
<i>DIONE Geneviève^{(1)*} et MBALLO Coly⁽²⁾</i>	
DYNAMIQUE SPATIO-TEMPORELLE ET FACTEURS DE DEGRADATION DES FORETS GALERIES DE LA RIVIERE KERAN AU NORD-TOGO	247
<i>AKAME Laounta⁽¹⁾</i>	
IMPACT DE LA PRESSION DEMOGRAPHIQUE SUR LA DYNAMIQUE DE L'OCCUPATION DU SOL DANS LA COMMUNE D'AGOU 1 (PREFECTURE D'AGOU, REGION DES PLATEAUX) TOGO	263
<i>KOUMOI Zakariyao⁽¹⁾</i>	
DIVERSITÉ FLORISTIQUE ET USAGES DES PRODUITS FORESTIERS NON LIGNEUX D'ORIGINE VÉGÉTALE DES LIGNEUX EXPLOITÉS DANS LA COMMUNE DE NGONG (NORD-CAMEROUN)	278
<i>PEWE Kadyang^{(1)*}, SYLVAIN Aoudou Doua⁽²⁾ et KOSSOUMNA LIBA'A Natali⁽²⁾</i>	
STRATEGIES DE GESTION DES CONFLITS LIES A L'EAU DANS LE PERIMETRE IRRIGUE DE MANDE AU SUD-OUEST DU TCHAD	299
<i>ASSOUE Obed^{(1)*} NEINLEMBAYE Trepose⁽²⁾ MADJIDE NDINGATOLOUM Silas⁽³⁾ et DJIMTA Raoul⁽²⁾</i>	
LE MYTHE DES JUMEUX DANS LES SOCIETES HAOUSSA DU NIGER À TRAVERS L'EXEMPLE DU CANTON DE BABAN TAPKI DE LA REGION DE ZINDER	315
<i>ZAKARI Aboubacar⁽¹⁾, SOUMANA Abdoul-Wahab^{(2)*} et HASSANE LAMINOU Zanguina⁽³⁾</i>	
HISTOIRE DU JUGE CADI EN AFRIQUE SUBSAHARIENNE	331
<i>DJIBO Seybou⁽¹⁾</i>	
LE LEXIQUE DES MESSAGERIES EN TELEPHONIE MOBILE AU NIGER : TYPOLOGIE ET MOTIVATIONS DES CHOIX LEXICAUX	350
<i>DAOUDA Hamadou⁽¹⁾</i>	
L'ARTISANAT AGROALIMENTAIRE A L'EPREUVE DE LA RELIGION : COMPRENDRE LA COHABITATION « HEUREUSE » ENTRE CHRETIENS ET MUSULMANS A GUIDER (NORD-CAMEROUN)	364
<i>SENG G. Isidor^{(1)*} et OYONO MINLO D. Bastiel⁽²⁾</i>	
SPATIO-TEMPORAL ANALYSIS OF CLIMATE VARIABILITY AND ADAPTATION STRATEGIES OF SMALLHOLDER FARMERS FOR SUSTAINABLE FOOD PRODUCTION IN THE SAHEL REGION OF AFRICA	382
<i>Usman Ibrahim Yahamman^{(1)*} and Usman Falalu⁽¹⁾</i>	

SPATIO-TEMPORAL ANALYSIS OF CLIMATE VARIABILITY AND ADAPTATION STRATEGIES OF SMALLHOLDER FARMERS FOR SUSTAINABLE FOOD PRODUCTION IN THE SAHEL REGION OF AFRICA

Usman Ibrahim Yahamman^{(1)*} and Usman Falalu⁽¹⁾

(1) Department of Geography, Bayero University, Kano, Nigeria.

**Correspondant courriel: usibyahamman@gmail.com/usmanfalalu09@gmail.com*

Abstract

Rain-fed agriculture, which is the main form of smallholder crop farming in the Sahel region of Africa, has increased output uncertainty as a result of the rising variability of rainfall and temperature. The agricultural sector employs more than 60% of the active population, thus the ability of agricultural systems to satisfy and sustain production demands for food, income, and jobs for the fast-expanding population is becoming challenged by the variability in climate. The study analyzed rainfall and temperature variability and smallholder farmers' adaptation strategies for sustained crop production in the Sahel. The study explored the climate change Knowledge portal developed by the World Bank Group to assess metadata on mean annual precipitation and temperature for 30 years of four countries in the Sahel (Senegal, Burkina Faso, Niger, and Chad) as well as NASA GIOVANNI website developed by the United States of America to assess data on precipitation rate daily, volumetric soil moisture and soil skin temperature. A mean temperature increases between 0.70°C to 1.20°C with varying mean precipitation over the 30 years is reported. linear regression Analysis of precipitation rate daily and soil moisture volumetric daily showed a positive relationship with $R=0.681$, whereas, the Skin temperature of the soil and volumetric soil moisture showed a negative relationship of $R= -0.333$. Precipitation has a total annual amount of between 100-150mm in the north with little patches of around 250-400mm in the south with about 3-5mm per day in the Sahel. The Adaptation strategies for crop production include the use of improved crop varieties, change of planting date, diversification of crops, and soil fertility management among others.

KEYWORDS: Precipitation, Temperature, Climate Variability, Adaptation strategies, Smallholder farmers

ANALYSE SPATIO-TEMPORELLE DE LA VARIABILITÉ DU CLIMAT ET STRATÉGIES D'ADAPTATION DES PETITS AGRICULTEURS POUR UNE PRODUCTION ALIMENTAIRE DURABLE DANS LA RÉGION DU SAHEL EN AFRIQUE

Résumé en français

L'étude a analysé la variabilité des précipitations et des températures et les stratégies d'adaptation des petits exploitants agricoles pour une production agricole durable au Sahel. L'étude a exploré le portail de connaissances sur le changement climatique développé par le Groupe de la Banque mondiale pour évaluer les métadonnées sur les précipitations et les températures annuelles moyennes pendant 30 ans de quatre pays du Sahel (Sénégal, Burkina Faso, Niger et Tchad) ainsi que le site Web GIOVANNI de la NASA développé par les États-Unis d'Amérique pour évaluer les données sur le taux de précipitation quotidien, l'humidité volumétrique du sol et la température cutanée du sol. Une température moyenne augmente entre 0.70°C et 1.20°C avec des précipitations moyennes variables au cours des 30 années. Régression linéaire L'analyse du taux de précipitations quotidien et de l'humidité volumétrique du sol quotidiennement a montré une relation positive avec $R = 0,681$, tandis que la température cutanée du sol et l'humidité volumétrique du sol ont montré une relation négative de $R = -0,333$. Les précipitations ont une quantité annuelle totale comprise entre 100 et 150 mm dans le nord avec de petites plaques d'environ 250 à 400 mm dans le sud avec environ 3 à 5 mm par jour au Sahel. Les stratégies d'adaptation pour la production agricole comprennent l'utilisation de variétés de cultures améliorées, le changement de date de plantation, la diversification des cultures et la gestion de la fertilité des sols, entre autres.

MOTS CLÉS : Précipitations, température, variabilité climatique, stratégies d'adaptation, petits exploitants agricoles

Introduction

The Sahel represents the southern part of the Sahara Desert extending more than 7000km² from Cape Verde through Senegal, Mauritania, Mali, Burkina Faso, Niger, Nigeria, and Chad. Agriculture employs more than 60% of the employees from the active population and on average up to 40% Gross Domestic Product (GDP) in sub-Saharan Africa (A. Day *et al.*, 2019 in C. Gornott *et al.*, 2022, p.2).

During the protracted scorching dry season, ranchers traveled south over the Sahel region of Africa for generations. They were often welcomed by farmers since their animals replenish fertile croplands. But this symbiosis is disintegrating, instead, violent communal conflicts result in the death of thousands each year in Burkina Faso, Chad, Mali, Mauritania, Niger, and Nigeria. These fatal overlapping conflicts are spiraling

out of control and consuming people's lives (World Economic Forum, 2019 in C. Gornott *et al.*, 2022, p.12). In the Sahel, variation in total annual rainfall can be up to 30 to 40 percent. Available meteorological records show that the unpredictability of rains is a common feature. The United Nations estimates that roughly 80% of the Sahel farmland is degraded. Temperatures are rising 1.5 times faster than the global average. As a result, droughts and floods are growing longer and more frequently undermining food production (UN, 2020, p.9).

C. Gornott *et al.* (2022, p.4) asserted that both water resources and agricultural harvests are affected by rising temperatures, these developments are especially concerning in an area where people's livelihood and resilience are so reliant on natural resources. In total, Africa loses between 17 to 28 percent of its agricultural output due to climate change and variability compared to 3 to 16 percent globally. This will further jeopardize the region's security and incite more conflicts. Although the Sahel is heavily susceptible to climate change, different regions will see varying effects. The Sahel will gradually get hotter, and some places may have more variable but greater rainfall. In this situation, it is anticipated that extreme weather occurrences, such as droughts and floods, will become more severe. The necessity for adaptation measures to lessen vulnerabilities and the likelihood of violent confrontations in the area is highlighted by these developments.

According to S.T. Kandji, *et al.*, (2006, p.11) the Sahel- 10 states and some 300 million people, is one of the most environmentally vulnerable regions in the world. Desiccation has had a significant impact on the Sahelian countries, which are among the world's poorest and have largely dependent economies on agriculture and livestock. The two reaction options of mitigation and adaptation have received the majority of attention in efforts to combat climate change. The Kyoto Protocol and the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) both make a strong case for it. Mitigation aims to cut back on greenhouse gas (GHG) emissions to stop the planet from getting any warmer. On the other side, adaptation seeks to deal with the issue of climate consequences when they occur.

Rainfall changes are probably more directly related to the natural decadal variations that caused the severe droughts in the 1970s and 1980s. But rising temperatures will indeed speed up the rate at which water evaporates, endangering already fragile ecosystems. Because farming, more especially rainfed crop production, and pastoralism are economically important, weather patterns and environmental circumstances have a significant impact on livelihood and food security (A. Crawford, 2015, p.2). The Adaptation strategies for crop production include the use of improved crop varieties, change of planting date, diversification of crops, and soil fertility management, soil moisture conservation among others (B. Sarr, *et al.*, 2015, p.427; F. Phillip, *et al.* 2015, pp. 80-82; & S.T. Kandji, *et al.*, 2006, p. 16).

According to a climate sensitivity analysis of agriculture, two of the three Sahelian countries, Chad and Niger will almost lose all of their rain-fed agriculture by the year 2100 (Mendelsohn, *et al.*, 2000 in S.T. Kandji, *et al.*, 2006, p. 11). A recent modeling study in Mali predicts that by 2030, decreased precipitation will result in a 15–19% loss in the grain harvest, leading to a doubling of food costs (assuming a temperature rise of between 1 and 2.75 degrees centigrade and no adaptation measures employed). By 2030, the likelihood of hunger in Mali will increase from its current baseline of 34 percent to 64-70 percent of the population as a result of combined effects of lower productivity on agricultural households and higher costs on the consumer's access to food (T. Butt, *et al.*, 2003, p. 23).

1. Material and Method

Sahel is the region of Africa between 12°N and 20°N, according to most definitions. There is only one rainy season per year in this region, and August is the month with the most precipitation. From the Atlantic coast to the Red Sea, the region includes all or a portion of the following 12 nations: Mauritania, Senegal, The Gambia, Mali, Burkina Faso, Niger, Nigeria, Chad, Sudan, Ethiopia, Eritrea, and Djibouti. (P. Heinrigs, 2010, p.5). According to world bank report of 2021, over 300 million people live in the Sahel region, with Nigeria having the largest number of residents projected at 206 million. The Sahel is home to some of the fastest-growing societies in the world with high population growth rates between 2.6 % and 3.8 % (World Bank, 2021 Pp. 2-3).

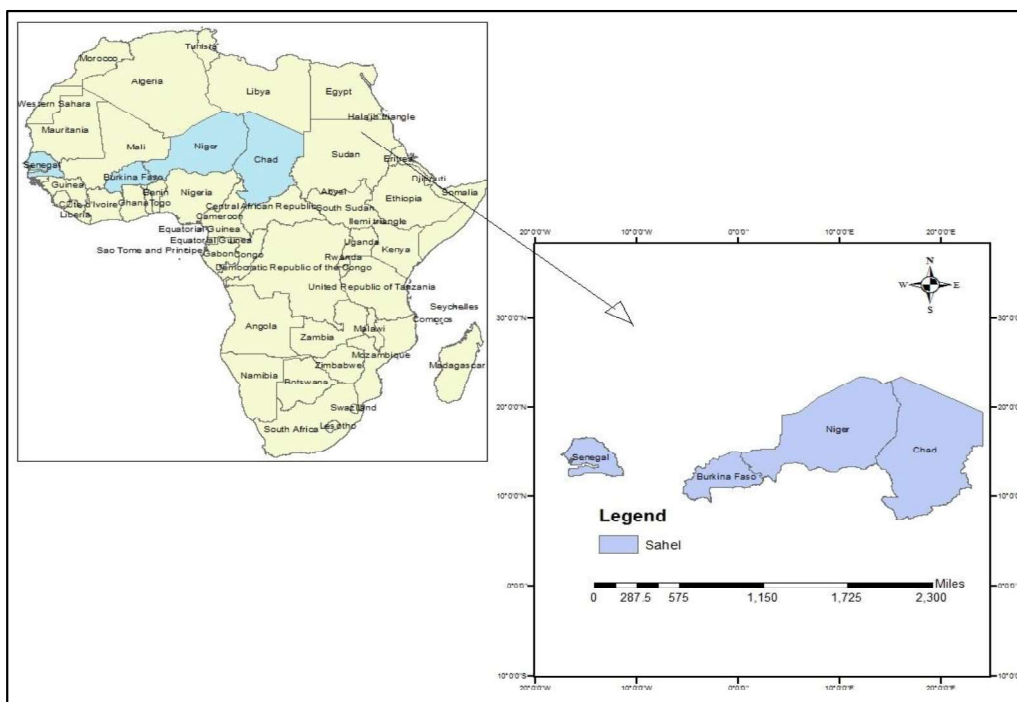


Fig:1 Africa with some Sahelian countries earmarked.

Source: Administrative map of Africa, 2022.

The study made use of the climate change Knowledge portal developed by the World Bank Group to assess metadata on mean annual precipitation and temperature for 30 years of four countries in the Sahel (Senegal, Burkina Faso, Niger, and Chad, about 15 meteorological stations in each country) as well as NASA GIOVANNI website developed by the United States of America to assess metadata on precipitation rate daily, volumetric soil moisture and soil skin temperature of the Sahel region. It also used descriptive and inferential statistics. The analyzed variations in temperature and rainfall as well as the relationship between volumetric soil moisture and soil skin temperature were done using regression analysis. The data were presented in charts. The paper also adopted the review method of existing literature on adaptation to climate variability by smallholder farmers in the Sahel region. Several journals, books, and presentations in both print and electronic were studied and reviewed for adaptation strategies in crop production.

2. Results and Discussion

The annual trends with the significance of trend per decade of mean temperature and rainfall in Senegal showed a general upward trend for temperature with a trend increase of 0.02°C. Though the increase is not significant (89.69%), the trend is surging upward over a long period which needs to be checked. In terms of precipitation (rainfall), the trend from 1990-2020 is on the decline with a value of -0.39mm per decade and not significant at (43.57%). As indicated in fig. 2.0 below, the interannual variability of rainfall is pronounced which could impact negatively the rainfed crop farming system.

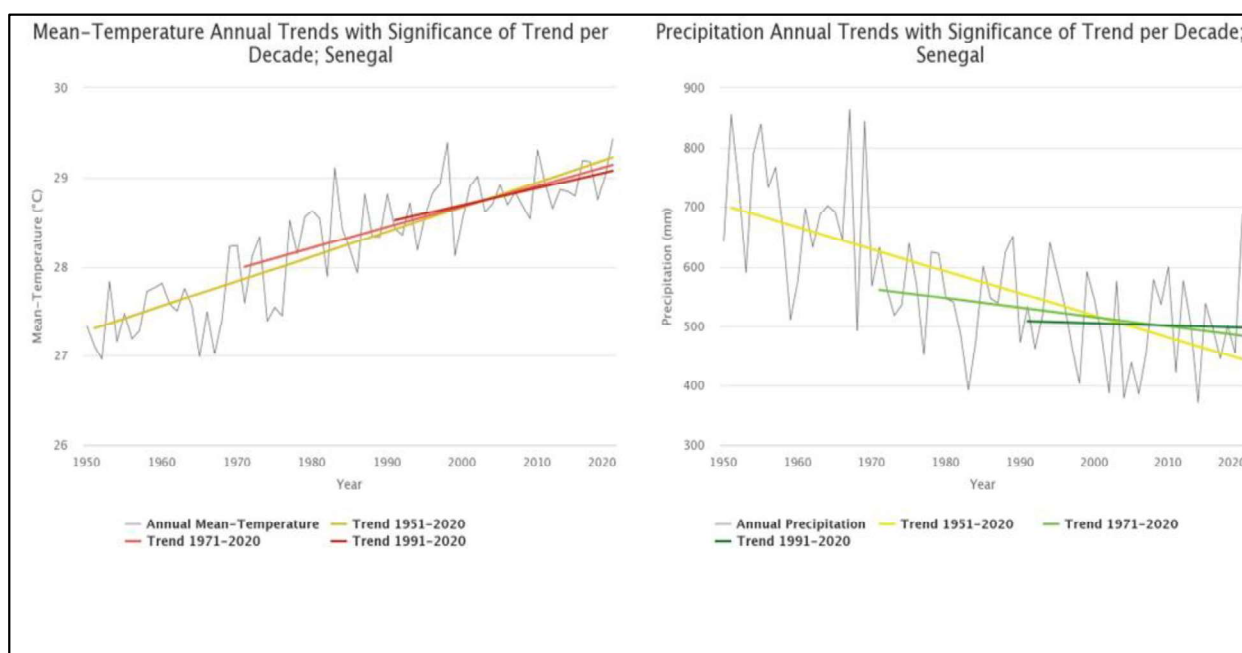


Fig. 2.0 Trend of mean temperature and annual precipitation in Senegal.

Source: World bank climate change portal.

Fig. 2.1 below portrayed the mean temperature and annual precipitation trend in Burkina Faso. The temperature is on the increasing upward trend with a value of 0.03°C from 1991 to 2020 trend per decade but significant at (99.81%). Over the 30 years, a temperature increase of about 1°C is recorded. This is a clear indication of global warming that has negative consequences on crops in particular and the ecosystem in general. The annual rainfall is on a downward trend with a value of -0.51mm per decade but not significant (37.18%) for the period or trend between 1991-2020. Interannual variation is very conspicuous that will hurt seasonal rain-fed farming if not managed properly.

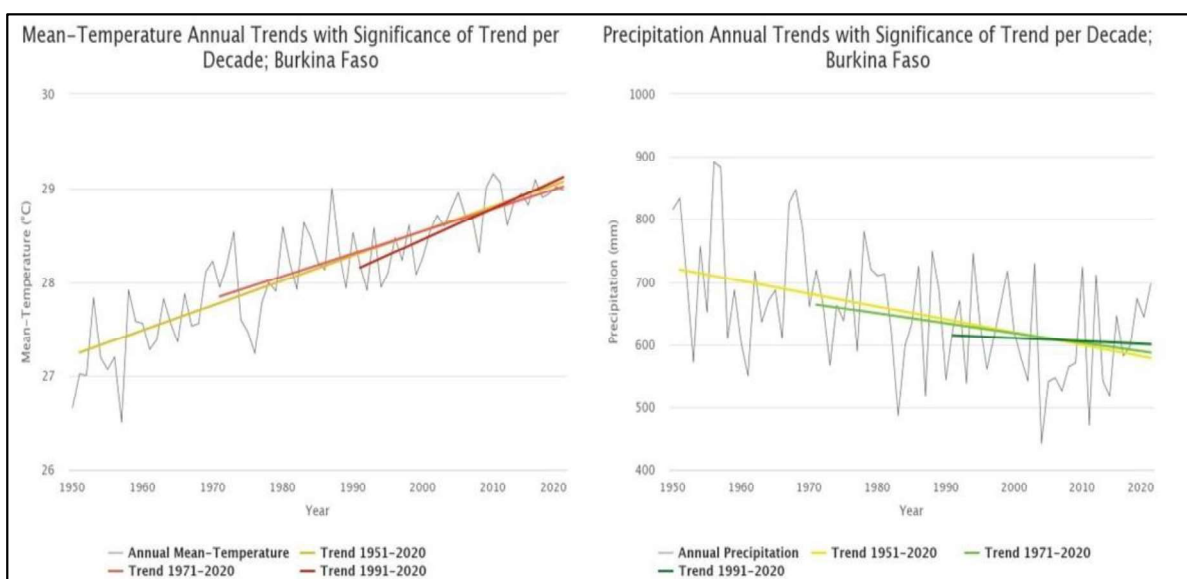


Fig. 2.1 Trend of mean temperature and annual precipitation in Burkina Faso.

Source: World bank climate change portal.

The situation is no different in the republic of Niger as the trend of mean temperature from 1991-2020 revealed a value of 0.05°C and significant at (99.82%). The general trend is on the upward with an increase of about 1.5°C over the 30 years. This increase will have a devastating consequence on not only the rain-fed farming system but lives and livelihoods as well. The rainfall, though on the increase over the 30 years with a decadal value of 0.50mm is not significant (54.76%). the rainfall being small annually, the interannual variation calls for concern in this part of the Sahelian region as presented in Fig. 2.2 below.

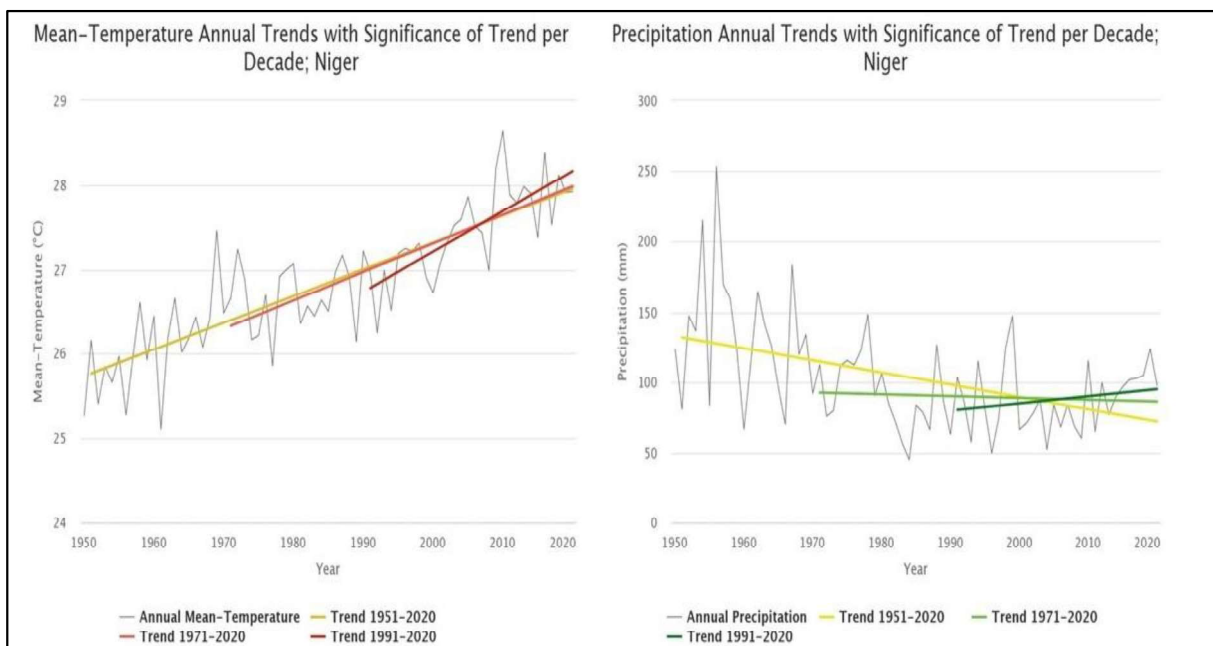


Fig. 2.2 Trend of mean temperature and annual precipitation in Niger.

Source: World bank climate change portal.

In Figure 2.3, the variability trend with significance per decade of mean temperature and annual rainfall in Chad is presented. A value of 0.05°C is reported as a decadal trend and significant at (99.56%). The mean temperature is on the upward trend and between 1991-2020, about 1.5°C the study revealed to have increased. This is alarming and little doubt that it is connected with the shrinkage of the lake Chad basin because of the high evaporation rate. Similarly, the rainfall is on the decline over the 30 years with a trend value of -2.69mm per decade, though, not significant (65.63%). Considering the scarce nature of rain, the annual variability is scary.

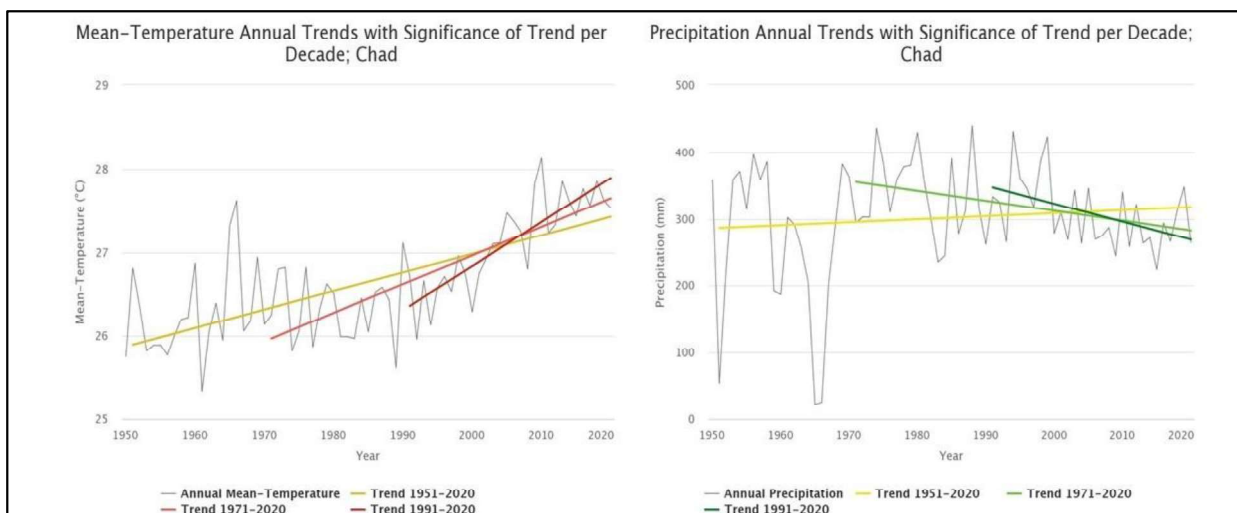


Fig. 2.3 Trend of mean temperature and annual precipitation in Chad

Source: World bank climate change portal.

Temperature increases above the threshold of 35°C present a clear threat to human health and crop productivity. Christidis, Mitchell and Slott, (2019). Changes in precipitation have direct impact on water availability and quality of crop production

and thus, on food security. The higher evapotranspiration affects water supply and the amount of surface water available for agriculture (Carleton and Hsiang, 2016; UNHCR, 2022).

Across the Sahel, data available from 2002-2011 revealed a positive regression between precipitation rate daily and soil moisture volumetric daily with a regression model: $Y = 4.95X + 0.864$ and a regression value $R = 0.681$, $N: 6516$. The implication here is that with the decreasing precipitation value, the soil moisture level will deplete and affect crops negatively. In a similar vein, the soil skin temperature daily and soil moisture volume daily showed a negative regression value of $R = -0.333$, and $N: 6490$ for a period between 2012-2015 based on data available as indicated in Fig. 2.4 below. As the soil skin temperature increases, its soil moisture volume reduces. Thus, the temperature increase calls for concern to check the rising trend for a hospitable and eco-friendly Sahelian environment.

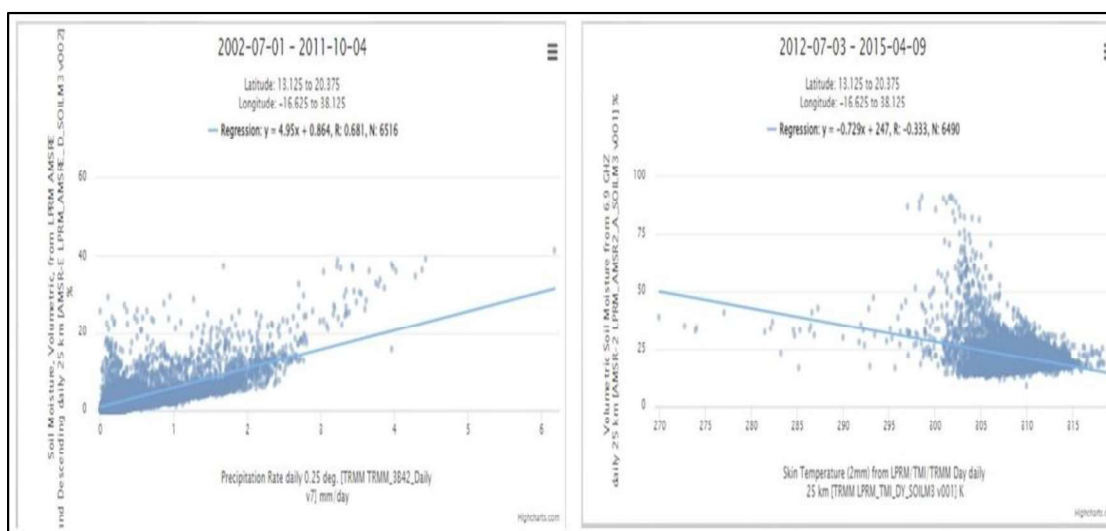


Fig. 2.4 Trend of mean temperature and annual precipitation in Burkina Faso.

Source: GIOVANNI, 2022.

Precipitation has between 100-150mm in the north with little patches of between 250-400mm in the south with about 3-5mm per day in the Sahelian region. Fig 2.5 Portrayed the gross inadequacy of the precipitation for the rainfed crop farming requirements.

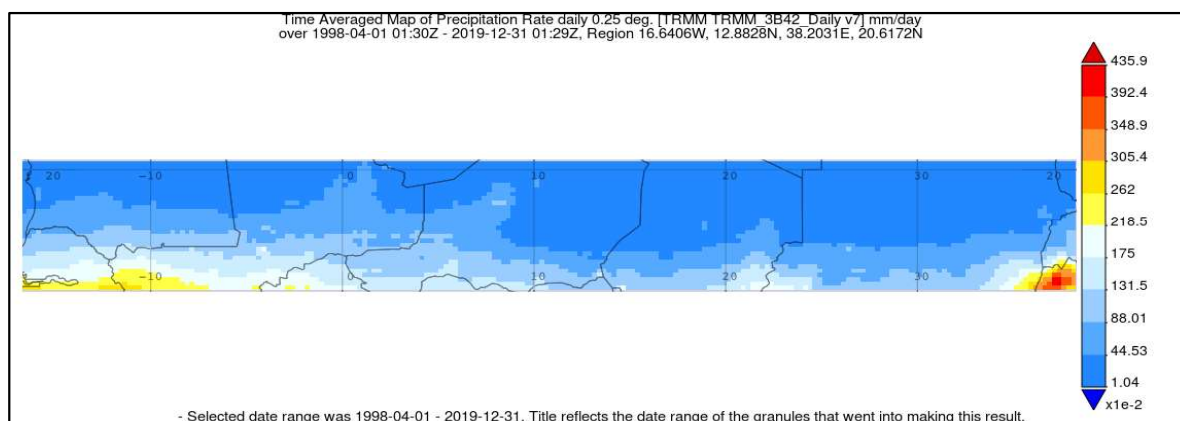


Fig.2.5 Time Average map of Precipitation rate daily over the Sahel of the period 1998-2019

GIOVANNI, 2022.

There is a data limitation as regards figures 2.4 and 2.5 above. Available data for regression of precipitation rate daily and soil moisture volume existed from 2002-2011 only, whereas that of soil skin temperature and soil moisture volume was obtainable for a period between 2012-2015. This is just to buttress the effect of high temperature and decreased precipitation on soil moisture because of its resultant consequence on crop production.

3. Adaptation Strategies

In Burkina Faso, the adaptation includes the diversification of crops with emphasis on fruits and vegetable crops, adopting varieties of different cycles, effective soil moisture and water conservation techniques, and utilization of Agro-meteorological data in promoting agricultural technologies. In Chad, the use of hedgerow intercropping, improved fallow, compost and manure, and industrial crops which are less sensitive to water stress than cotton is adapted. In the republic of Niger, the adaptation measures include: changing of planting dates, adoption of heat/pest resistant crop varieties, use of irrigation and fertilization and development of seasonal forecasts for farmers. In Senegal, the strategies adapted are the use of efficient irrigation system, the improvement of crop varieties and pest management, effective soil fertility and use of inorganic manure, and adoption of genetically modified crop (B. Sarr, *et al.*, 2015, p. 427; F. Phillipou, *et al.* 2015, Pp. 80-82 & S.T. Kandji, *et al.*, 2006, Pp. 15-19).

Conclusion

The study revealed a significant decadal upward trend of temperature increase and a downward trend of annual precipitation that is not significant per decade but with pronounced interannual variability over the Sahelian region. A mean temperature increases between 0.70°C to 1.50°C with decreasing precipitation of between -0.40mm to -2.70mm over the 30 years is reported. linear regression Analysis of precipitation rate daily and soil moisture volumetric daily showed a positive relationship with

$R=0.681$, whereas the Skin temperature of the soil and volumetric soil moisture showed a negative relationship of $R= -0.333$. precipitation has between 50-90mm with little patches of between 250-400mm with about 3-5mm per day in the Sahel. The Adaptation strategies for crop production include the use of improved crop varieties, change of planting date, diversification of crops, and soil fertility management among others.

References

- Butt, T., McCarl, B., Angerer J., Dyke, P., & Stuth J. (2003). "Food security implication of climate change in developing countries": findings from a case study in Mali. Department of Agricultural Economics, Texas A & M University.
- Climate change knowledge portal, (2022). For development practitioners and policy makers. <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/climate-data-historical>
- Crawford, A., (2015). "Climate change and state fragility in the Sahel", policy brief, FRIDE, a European think tank for global action. ISSN: 1989-2667 No. 205 (P.6)
- Phillipo, F., Bushesha, M., & Mvena, Z.S.K. (2015). "Adaptation strategies to climate variability and change and its limitations to smallholder farmers, a literature searches". Asian Journal of Agriculture and Rural Development: Vol. 5(3) P.77-87 <http://aessweb.com/journal-detail.php?id=5005>
- Giovanni-NASA, (2022). Earth data, the bridge between data and science <http://Giovanni.gsfc.nasa.gov>
- Gornott, C., Tomalka J., Gleixner, S., Hippe, F., Jansen, L., Lange, S., Laudien, R., Rheinbay, J., Vinke, K., Loeben, S., Wesch, S., Zvolsky, A., Hauf, Y., Harper, A., Birner, J., & Dieye, A.M., (2022). "Climate risk profile: Sahel", project coordinated by Potsdam institute for climate impact research (PIK), University of Kassel, United Nations High Commissioner for Refugees (UNHCR), United Nations Integrated Strategy for the Sahel (UNISS), and German Council on Foreign Relations (DGAP). 14473 Potsdam, Germany (P.19) www.pik-potsdam.de
- Heinrigs, P. (2010). "Security implication of climate change in the Sahel Region": Policy Considerations. Sahel and West Africa Club, foreign and Common wealth office. Le seine Saint-Germain (p.31) www.oecd.org/swac
- Kandji S. T., Verchot L., & Mackensen, J. (2006). "Climate Change and Variability in the Sahel Region: Impacts and Adaptation Strategies in the Agricultural Sector". Word Agroforestry Centre (ICRAF), and United Nations Environment Programme (UNEP). P.57. www.unep.org
- Sarr, B., Atta, S., Ly, M., Salack, S., Ourback, T., Subsol, S., & George, D.A (2015) "Adapting to climate variability and change in smallholder farming communities":

A case study from Burkina Faso, Chad and Niger (CVCADAPT). *Journal of Agricultural Extension and Rural Development*, Vol.7(1), pp. 418-429

United Nations (2020), *“United Nations Integrated Strategy for the Sahel (UNISS)” – Progress Report 2018–2019* <http://reliefweb.int/report/burkinafaso/united-nations-integrated-strategy-sahel-progress-report-2018-2019> p.48

World Bank, (2021). *“Poverty headcount ratio at \$1.90 a day (2011 PPP) (% of population) Data”*. <https://data.worldbank.org/indicator/SI.POV.DDAY>