

VARIABILITÉ CLIMATIQUE ET RECOMPOSITION SPATIALE DES SYSTÈMES AGRICOLES À DONO-MANGA AU SUD DU TCHAD

Guirnodji RIMNELNGAR, Frédéric REOUNODJI et Romain GOUATAINE
SEINGUÉ

Chercheur, Université de N'Djamena (Tchad), Courriel : guirnodjigrimnelngar@gmail.com

Enseignant chercheur, Université de N'Djamena (Tchad), Courriel : reounodji2@gmail.com

Enseignant chercheur, Université de N'Djamena (Tchad), Courriel : gouataines@gmail.com

Résumé

Cette étude analyse les effets de la variabilité climatique sur la recomposition spatiale des systèmes agricoles dans le canton de Dono-Manga, au Sud du Tchad. Elle part du constat que les perturbations pluviométriques observées au cours des trois dernières décennies affectent durablement les systèmes agraires et la sécurité alimentaire des populations rurales. La recherche cherche à comprendre comment les variations climatiques influencent les systèmes de production agricole, les transformations de l'occupation du sol ainsi que les stratégies d'adaptation développées par les producteurs. L'hypothèse principale soutient que la variabilité climatique constitue un facteur majeur de transformation des espaces agricoles et de dégradation des ressources naturelles. La méthodologie repose sur une approche mixte combinant l'analyse des données climatiques, l'utilisation de l'Indice Standardisé de Précipitation (ISP), la télédétection, le traitement des images satellitaires et des enquêtes de terrain auprès des agriculteurs. Les résultats montrent une forte corrélation entre les précipitations et les rendements agricoles, notamment pour le sorgho, le sésame et l'arachide. L'analyse diachronique révèle une augmentation des terres cultivées de +73 %, associée à une régression de la végétation naturelle de -37 % et des zones humides de -46 %. Les sols connaissent une dégradation accélérée sous l'effet de la pression démographique, du déboisement et de la surexploitation agricole. Face à ces contraintes, les producteurs développent des stratégies de résilience fondées sur la diversification des cultures, l'adaptation des pratiques culturales et l'adoption de techniques agroécologiques. L'étude conclut que la durabilité des systèmes agricoles dépend d'une gestion durable des ressources naturelles et du renforcement des politiques d'adaptation aux changements climatiques.

Mots-clés : *variabilité climatique, recomposition spatiale, système agraire, système de production, Dono-manga.*

Climate variability and spatial recomposition of agricultural systems in dono-manga, southern chad

Abstract

This study analyzes the effects of climate variability on the spatial reorganization of agricultural systems in the canton of Dono-Manga, located in southern Chad. It is based on the observation that rainfall disturbances recorded over the past three decades have had a lasting impact on agrarian systems and on the food security of rural populations. The research aims to understand how climate variations influence agricultural production systems, land-use changes, and the adaptation strategies developed by farmers. The main hypothesis is that climate variability is a major driving factor of agricultural spatial transformation and natural resource degradation. The methodology is based on a mixed approach combining climate data analysis, the use of the Standardized Precipitation Index (SPI), remote sensing, satellite image processing, and field surveys conducted among farmers. The results show a strong correlation between rainfall and agricultural yields, particularly for sorghum, sesame, and groundnut. The diachronic analysis reveals an increase in cultivated land by +73%, accompanied by a decline in natural vegetation by -37% and wetlands by -46%. Soils are experiencing accelerated degradation due to population pressure, deforestation, and agricultural overexploitation. In response, farmers are developing resilience strategies based on crop diversification, adaptation of farming practices, and the adoption of agroecological techniques. The study concludes that the sustainability of agricultural systems depends on sustainable natural resource management and the strengthening of adaptation policies to climate change.

Keywords : *climate variability, spatial reorganization, agrarian system, production system, Dono-manga.*

Introduction

Les changements climatiques constituent l'un des principaux défis des espaces ruraux d'Afrique subsaharienne, où les populations dépendent largement d'une agriculture pluviale sensible aux aléas climatiques (Edward Barbier, 2000 ; FAO, 2021 ; IPCC, 2023). Au Tchad, plusieurs études ont mis en évidence une forte variabilité pluviométrique depuis les années 1970, marquée par l'irrégularité des précipitations et la récurrence des sécheresses (BAOHOUTOU Laohoté, 2007). Cette recherche analyse les effets de cette variabilité climatique sur la recomposition spatiale des systèmes agricoles dans le canton de Dono-Manga, situé dans la province de la Tandjilé au sud du Tchad. Couvrant environ 1 800 km² et peuplé de près de 63 377 habitants, ce territoire est confronté à une dégradation progressive de ses ressources naturelles sous l'effet combiné des fluctuations climatiques, de la croissance démographique et de l'extension des superficies cultivées (REOUNODJI Frédéric, 2003). En s'appuyant sur l'approche des systèmes de production agricole de Brossier (1987), l'étude montre que la variabilité climatique influence l'occupation du sol, les calendriers agricoles et les choix culturels, entraînant une recomposition spatiale des activités agricoles (SOLEIL Batha., 2014 ; KOUMTIBAYE Samuel, 2015). Face à ces contraintes, les producteurs développent diverses stratégies d'adaptation, notamment la diversification des cultures, l'utilisation de variétés à cycle court et l'ajustement des dates de semis (AKINDELE ABANICHE Akibou, OGOUWALE Euloge, IBOURAÏMA Yabi., 2013 ; Amani Yao, 2013). L'étude conclut que la variabilité climatique constitue un facteur majeur de transformation des systèmes agricoles et de vulnérabilité des ressources naturelles dans le canton de Dono-Manga.

1. Approche méthodologique

1.1. Présentation de la zone d'étude

Le canton de Dono-Manga est situé dans le département de Manga, dans la province de la Tandjilé Est au sud du Tchad. Il se localise entre 9°23'62" et 9°15'30" de latitude Nord et 16°92'43" et 16°55'15" de longitude Est. Le canton est limité au nord par Kimbré, au sud par Kara et Koutoutou, à l'est par Mouroum-Gouley et Mahim-Toki, et à l'ouest par Tchédoum et Kariadeboum. Cette position géographique lui confère un rôle important dans les dynamiques rurales et agricoles du canton (figure 1).

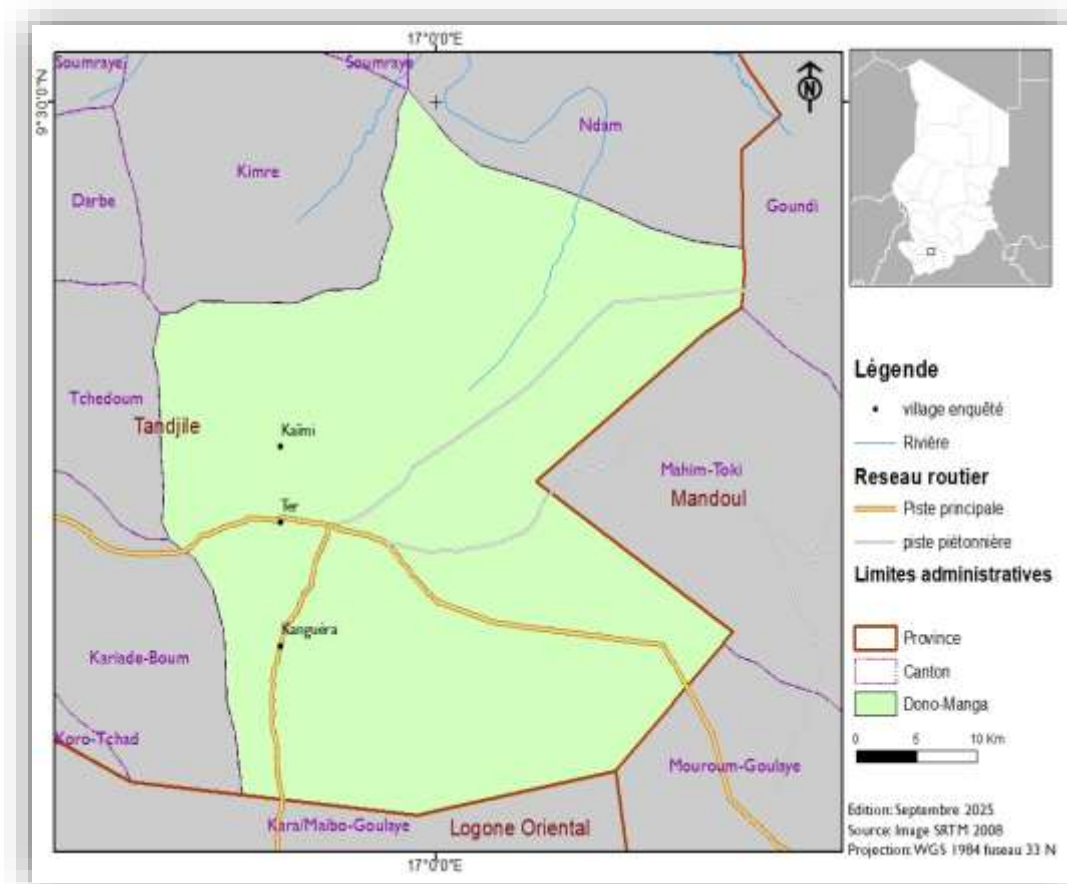


Figure 1 : Situation géographique de la zone d'étude

Cette figure offre une vue globale de la localisation, de l'accessibilité, de l'hydrographie et de la structure administrative du canton de Dono-Manga. Elle constitue un outil essentiel pour analyser les systèmes de production agricole et l'organisation spatiale des activités dans le canton. Le milieu naturel est caractérisé par des plaines favorables aux activités agro-pastorales, des sols ferrugineux tropicaux et une végétation de savane soudanienne. Le climat est de type soudano-sahélien avec une saison pluvieuse et une saison sèche, mais les précipitations restent irrégulières et influencent fortement les activités agricoles.

1.2. Collecte des données

Pour analyser la variabilité climatique et la reconstitution spatiale des systèmes agricoles dans le canton de Dono-Manga, une méthodologie combinant plusieurs approches complémentaires a été adoptée. La collecte des données a reposé sur une recherche documentaire approfondie portant sur des ouvrages scientifiques, des articles, des rapports techniques, des documents cartographiques ainsi que des données statistiques provenant des services publics, des institutions nationales et internationales, des universités et des centres de recherche. Cette documentation a permis de mieux comprendre les dynamiques climatiques, agricoles et environnementales de la zone d'étude.

Par ailleurs, des enquêtes de terrain et des observations directes ont été réalisées auprès des producteurs agricoles afin d'analyser les perceptions locales des changements climatiques, les transformations des systèmes agricoles et les stratégies d'adaptation développées par les populations rurales. Les données collectées, à la fois quantitatives et qualitatives, concernent les paramètres climatologiques, agroécologiques, agro-économiques et socio-anthropologiques. L'étude s'appuie également sur l'utilisation de l'Indice Standardisé de Précipitation (ISP), de la

télédétection et du traitement des images satellitaires pour évaluer les mutations de l'occupation du sol et les dynamiques spatiales des systèmes agricoles dans le canton de Dono-Manga.

1.3. Méthode de traitement des données

1.3.1. Détermination de la taille optimale de l'échantillon

La détermination de la taille de l'échantillon constitue une étape essentielle dans cette étude portant sur la variabilité climatique et la recomposition spatiale des systèmes agricoles dans le canton de Dono-Manga. Elle vise à garantir la fiabilité et la représentativité des données collectées auprès des populations rurales. Des entretiens préliminaires réalisés avec les acteurs locaux et les experts ont permis de mieux structurer l'enquête de terrain et d'identifier les principaux facteurs influençant la dynamique des systèmes agricoles. L'enquête, conçue sous forme de questionnaire, avait pour objectif de recueillir des informations spécifiques relatives aux changements climatiques, aux transformations des systèmes de production et aux stratégies d'adaptation développées par les producteurs agricoles.

Les enquêtes ont été réalisées en face à face auprès de 120 agriculteurs chefs de ménages répartis dans plusieurs villages représentatifs des systèmes de production du canton, à raison de cinquante ménages par village. Le choix des enquêtés a été effectué selon une méthode raisonnée prenant en compte l'orientation des activités agricoles et la localisation des exploitations. Les personnes ressources ciblées étaient majoritairement des cultivateurs expérimentés âgés d'au moins 50 ans et disposant d'une expérience agricole de 20 à 40 ans. Ce choix méthodologique visait à mobiliser des acteurs capables d'identifier les différentes mutations environnementales, climatiques et paysagères observées dans le canton de Dono-Manga au cours des dernières décennies (tableau I).

Tableau I : Répartition de la taille de l'échantillonnage dans les villages enquêtés du canton de Dono-Manga

Département de Manga				
Canton de Dono-Manga				Taille d'échantillonnage
Villages enquêtés	Ter	Kanguéra	Kaïmi	03
Total	40	40	40	120

Source : enquête de terrain

Le tableau ci-dessus montre qu'un total de cent cinquante (120) ménages agricoles a été enquêté dans trois (03) villages représentatifs du canton de Dono-Manga. Les chefs de ménage ont été sélectionnés selon une méthode de tirage aléatoire simple, tout en tenant compte des types de cultures pratiquées, des systèmes de production agricole et d'une répartition équilibrée des tailles d'exploitation. Cette démarche méthodologique vise à garantir la représentativité des exploitations agricoles et à mieux appréhender les dynamiques spatiales et les transformations des systèmes agricoles dans la zone d'étude.

Le questionnaire administré aux enquêtés a été structuré en onze modules permettant de recueillir des informations relatives aux caractéristiques socio-économiques des producteurs (âge, niveau d'instruction, expérience agricole), aux caractéristiques des exploitations agricoles (superficie, types de sols, modes d'accès à la terre), aux pratiques culturales (travail du sol, semis, désherbage, gestion de l'eau et techniques agroécologiques), ainsi qu'aux perceptions paysannes de la variabilité climatique. L'enquête a également porté sur les facteurs influençant la production agricole, les mutations de l'occupation du sol et les stratégies d'adaptation développées face aux changements climatiques. Chaque entretien réalisé auprès des agriculteurs a duré en moyenne une heure et demie.

1.3.2. Analyse et traitement des données

1.3.2.1. Détermination de la moyenne pluviométrique

La moyenne pluviométrique est utilisée pour étudier le régime pluviométrique dans les différentes stations. C'est le paramètre fondamental de la tendance centrale, représentée par la «

normale », moyenne calculée sur la période d'étude. Elle s'exprime de la façon suivante : $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i)$

Cette moyenne permet de caractériser l'état climatique moyen et de calculer les indices de dispersion significatifs tels que l'écart-type. Le calcul de l'écart-type a permis d'évaluer la dispersion des valeurs autour de la moyenne normale. Il se détermine par le calcul de la racine-carrée de la variance : $\sigma(X) = \sqrt{V}$ où V est la variance. L'écart-type est l'indicateur de la variabilité par excellence. Il constitue avec la moyenne, les deux éléments permettant de calculer l'indice de Nicholson.

1.3.2.2. Détermination de l'indice pluviométrique

À partir de l'écart-type, ont été calculées les anomalies centrées réduites pluviométriques et thermométriques mensuelles et interannuelles, en standardisant les données. Les anomalies (indices) sur chaque station et sur les différents secteurs agroécologiques se calculent par la formule :

$$X_i = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma(X)} \text{ où :}$$

X_i = Anomalie Centrée Réduite pour l'année i, = la valeur de la variable,
 $\bar{X}$ = la moyenne de la série et = l'écart-type de la série.

1.3.2.3. Etude de corrélation entre les variables

La corrélation suppose un lien entre deux variables différentes. Ces variables sont représentées en nuage de points dans un repère orthonormé. Dans le cas où le nuage de points qui permet l'existence d'une corrélation entre les deux variables x et y prend une forme allongée, telle que les points qui le constituent paraissent s'être regroupés au voisinage d'une droite, un coefficient de corrélation linéaire, désigné par r peut être calculé de la manière suivante en faisant d'abord les changements de variables :

$$X_i = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma_X}$$

$$Y_i = \frac{Y_i - \bar{Y}}{\sigma_Y}$$

Le coefficient de corrélation linéaire r, entre les deux variables x et y, est calculé par la formule :

$$r = \frac{\sum X_i Y_i}{N}$$

Si le coefficient de corrélation est compris entre -1 et 1, la corrélation existe entre les deux variables. Elle est parfaite si elle est égale à 1.

1.3.2.4. Analyse de la dégradation des sols et des terres

La caractérisation de la baisse de fertilité a été calculée grâce à la formule **L d'Allan** :

$$L = \frac{(C + J)}{C}$$

Où C = Nombre d'années de mise en culture

J = Nombre d'années de mise en jachère ou repos

Si $L \geq 5$, alors la terre est exploitée judicieusement et ne subit aucune pression

Si $L < 5$, la terre est surexploitée.

1.3.2.5. Outils de traitement et d'analyse des données

Les données collectées par questionnaire et guide d'entretien ont été traitées à l'aide du logiciel Kobo Collect afin d'extraire et de capitaliser les informations sous forme numérique facilement utilisables.

➤ XLSTAT est le programme avancé du tableur Excel d'analyse et de simulation des données : statistiques descriptives des séries temporelles, moyennes, écart-types, indices, tendances, analyses de variances, régressions simples et multiples, coefficients de corrélation, etc.

➤ INSTAT+ V3.36 est un logiciel d'analyse statistique de données agroclimatologiques et un modèle de simulation agrométéorologique (Baohoutou Laohoté, 2007 ; Gouataine Seingué Romain 2015).

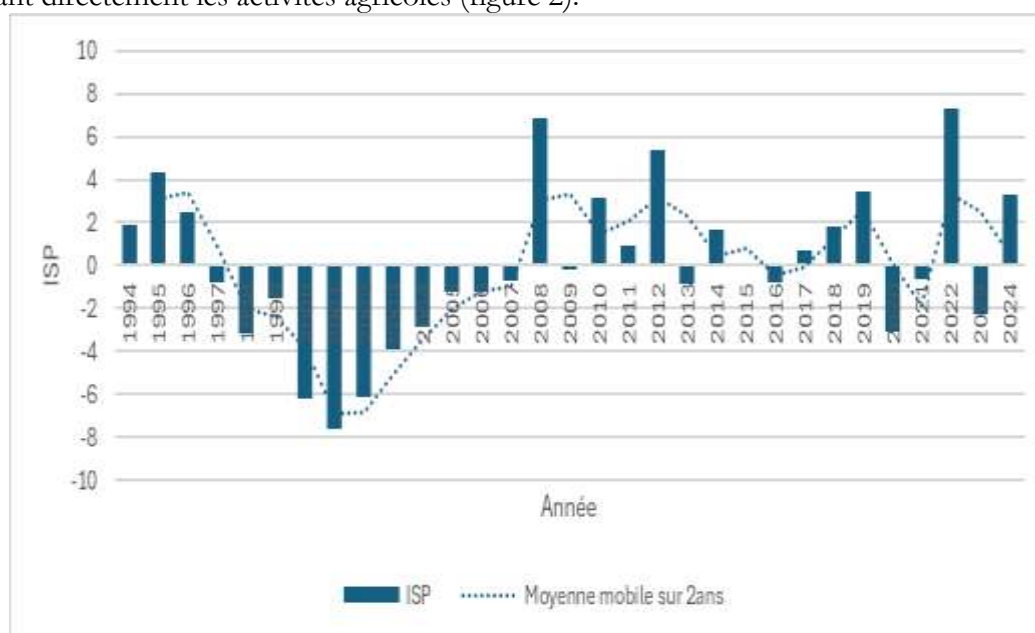
➤ RClimDex est un outil de détection des changements climatiques à l'échelle locale (Gouataine Seingué Romain 2015).

➤ **Qgis** : est utilisé pour réaliser les cartes d'occupation du sol, les cartes des variations des précipitations, les cartes des variations des températures, les cartes d'humidité du sol, cartes de la vitesse du vent à 2m du sol, la carte de la variation de la pente, la carte de niveau de la nappe

2. Résultats

2.1. Forte variabilité pluviométrique dans le canton de Dono-Manga

L'analyse des données climatiques montre une importante irrégularité des précipitations au cours des trois dernières décennies. Les saisons pluvieuses deviennent plus courtes et moins prévisibles, avec une alternance de périodes déficitaires et excédentaires. L'Indice Standardisé de Précipitation (ISP) met en évidence plusieurs épisodes de sécheresse et d'excès pluviométriques affectant directement les activités agricoles (figure 2).



Source : ANAM

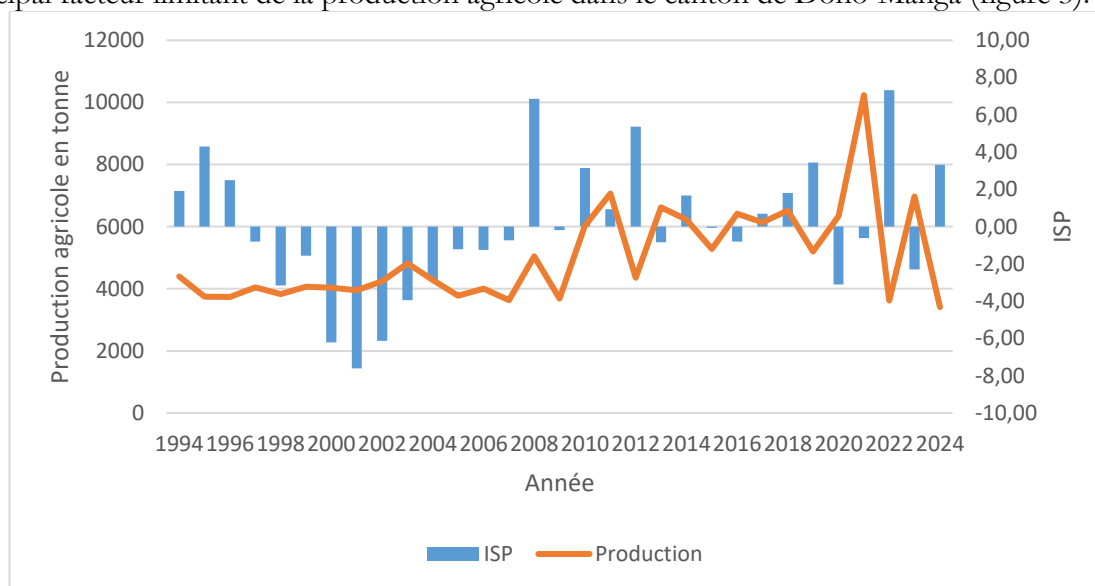
Figure 2 : Variation interannuelle de la pluie dans la plaine de Dono-Manga

L'analyse des indices pluviométriques (ISP) pour la période 1994–2024 montre une forte variabilité interannuelle des précipitations dans le canton de Dono-Manga, organisée en trois phases : une période humide (1994–1996) favorable à l'agriculture, une sécheresse prolongée (1997–2007) avec des déficits critiques en 2000–2002, et une reprise irrégulière des pluies (2008–2024) alternant années excédentaires et déficitaires. Les années excédentaires (1995, 2008, 2012, 2019, 2022, 2024) améliorent la recharge des nappes et la végétation, tandis que les années déficitaires (2000–2002, 2020) provoquent des perturbations agricoles et pastorales. Globalement, la série ne montre pas de tendance linéaire, mais une alternance cyclique de phases humides et sèches, révélant une instabilité climatique structurelle qui influence la durabilité des systèmes agricoles, la disponibilité en eau et la résilience des exploitations.

2.2. Corrélation entre précipitations et rendements agricoles

Les résultats révèlent une forte dépendance des systèmes de production agricole aux conditions climatiques. Les cultures de sorgho, de sésame, d'arachide et de maïs présentent des

variations de rendement étroitement liées aux fluctuations pluviométriques. L'eau apparaît comme le principal facteur limitant de la production agricole dans le canton de Dono-Manga (figure 3).

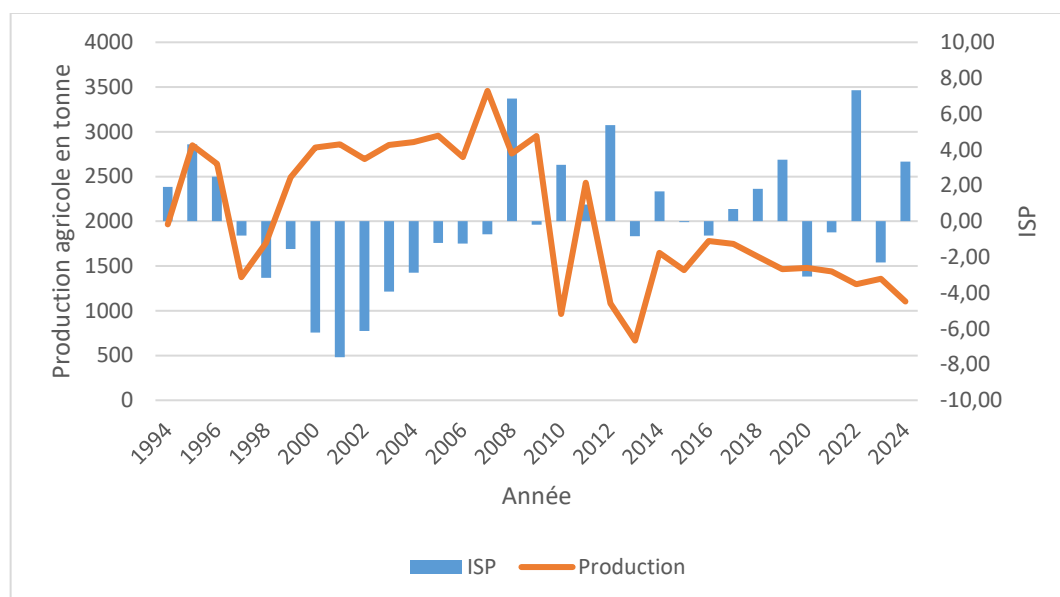


Source : Direction de la production et de la statistique agricole, ANADER 2024

Figure 3 : Indice pluviométrique et la production du sorgho

L'analyse de la figure met en évidence une forte corrélation positive entre l'Indice Standardisé de Précipitation (ISP) et la production de sorgho dans le canton de Dono-Manga. Les années caractérisées par des précipitations excédentaires et des valeurs positives de l'ISP correspondent généralement aux meilleures performances agricoles, notamment en 2008, 2011-2012 et 2021. À l'inverse, les périodes marquées par des déficits pluviométriques ou des valeurs négatives de l'ISP entraînent une baisse importante de la production, comme observé entre 1998 et 2003 ainsi qu'en 2023. Ces résultats confirment la forte dépendance de la culture du sorgho aux conditions climatiques et montrent que l'eau constitue le principal facteur limitant de la production agricole.

La figure révèle également une importante volatilité des précipitations et des rendements agricoles. L'ISP alterne rapidement entre années humides et années sèches, rendant les conditions climatiques difficiles à prévoir. Cette irrégularité se répercute directement sur la production de sorgho, caractérisée par de fortes fluctuations annuelles qui fragilisent la sécurité alimentaire des populations rurales. L'étude montre ainsi que la variabilité climatique constitue un facteur majeur de vulnérabilité des systèmes agricoles à Dono-Manga. Face à cette situation, l'amélioration des rendements nécessite la mise en œuvre de stratégies d'adaptation telles que l'utilisation de variétés résistantes à la sécheresse, l'irrigation de complément et le développement de pratiques agroécologiques. Cette tendance est également observée dans la culture d'arachide (figure 4).



Source : Direction de la production et de la statistique agricole, ANADER 2024

Figure 4 : Indice pluviométrique et la production d'arachide

L'analyse de la figure met en évidence une forte corrélation positive entre l'Indice Standardisé de Pluviométrie (ISP) et la production agricole dans le canton de Dono-Manga sur la période 1994-2024. Les années caractérisées par des déficits pluviométriques importants, notamment entre 1999 et 2002, correspondent à une baisse significative de la production agricole, atteignant environ 1500 tonnes. À l'inverse, les années de forte pluviométrie et d'ISP positif, comme 1994-1995, 2008 et 2021, enregistrent les meilleurs niveaux de production, dépassant parfois 2500 tonnes. Ces résultats montrent que les systèmes agricoles du canton restent fortement dépendants des conditions climatiques, les précipitations constituant le principal facteur déterminant des rendements agricoles.

Malgré cette forte variabilité, l'évolution générale de la production agricole indique une tendance à l'augmentation des rendements au cours des dernières années, avec des pics atteignant environ 3500 tonnes en 2021. Cette progression pourrait s'expliquer par l'extension des superficies cultivées et l'amélioration progressive des techniques agricoles. Toutefois, l'alternance rapide entre années humides et années sèches, particulièrement observée entre 2021 et 2023, traduit une forte instabilité climatique qui fragilise les revenus agricoles et la sécurité alimentaire des populations rurales. L'étude souligne ainsi l'importance de renforcer les stratégies de gestion de l'eau, d'améliorer les techniques agricoles et de promouvoir des variétés adaptées afin de réduire la vulnérabilité des systèmes agricoles face à la variabilité climatique.

2.3. Dynamique spatio-temporelle des unités d'occupation des sols

La dynamique spatio-temporelle des unités d'occupation des sols dans le canton de Dono-Manga révèle des transformations profondes de l'organisation de l'espace rural sous l'effet combiné de la variabilité climatique et des pressions anthropiques. L'analyse diachronique met en évidence une extension progressive des terres cultivées au détriment des formations naturelles. Les espaces de savane, de végétation arbustive et les zones humides connaissent une régression continue, traduisant une forte anthropisation du milieu. Cette expansion agricole est principalement liée à la croissance démographique, à la recherche de nouvelles terres fertiles et à la nécessité d'augmenter la production alimentaire face à l'instabilité des rendements agricoles. Ainsi, les unités d'occupation du sol évoluent vers une domination croissante des surfaces cultivées, entraînant une recomposition des paysages ruraux.

Parallèlement, cette dynamique spatiale s'accompagne d'une fragmentation des écosystèmes et d'une dégradation progressive des ressources naturelles. L'intensification de

l'exploitation des terres, la réduction des jachères et le déboisement contribuent à la perte de fertilité des sols et à l'érosion hydrique, particulièrement dans les zones sensibles. Les images satellitaires et les observations de terrain montrent également une conversion des zones humides en espaces agricoles, accentuant les risques environnementaux. Cette recomposition des unités d'occupation des sols traduit ainsi une adaptation des populations rurales aux contraintes climatiques, mais elle révèle aussi une vulnérabilité croissante des systèmes agraires et une pression accrue sur les écosystèmes locaux du canton de Dono-Manga (figure 5).

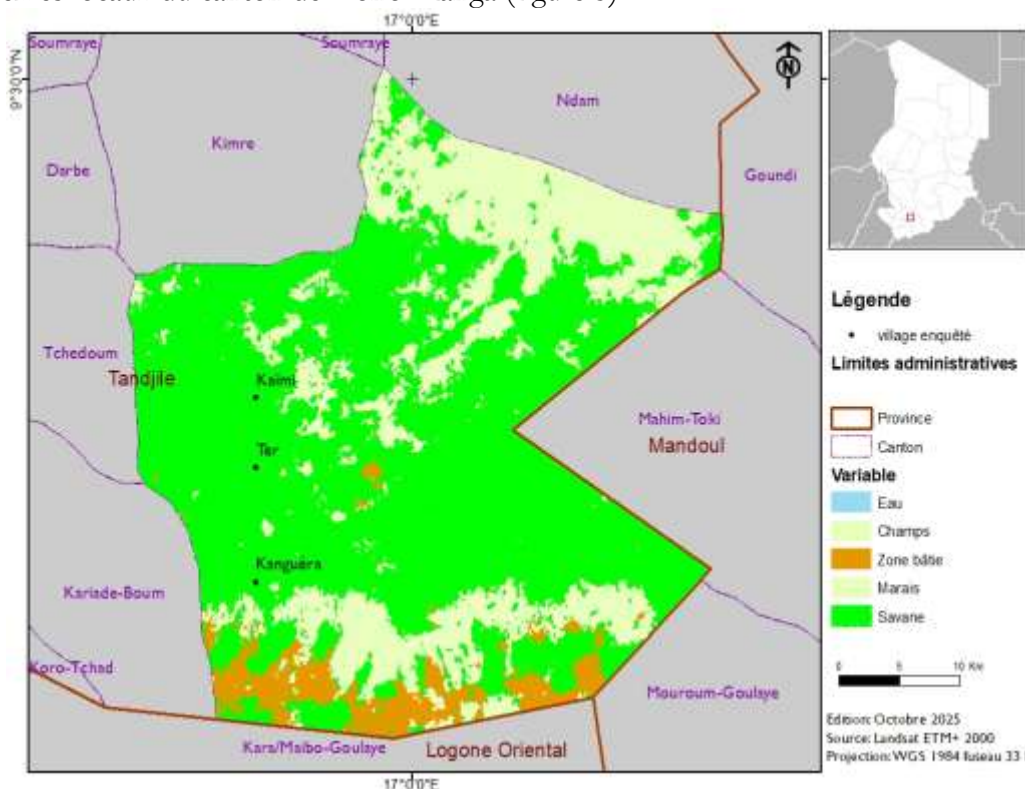


Figure 5 : Occupation du sol en 2000

La figure montre une prédominance de la savane, couvrant la majeure partie du territoire. Les zones de champs agricoles sont dispersées au nord et au sud, tandis que les zones bâties se concentrent surtout autour des villages enquêtés comme Ter et Kanguéra. Quelques marais apparaissent dans les zones humides du sud, près de la frontière avec le Logone Oriental. Cette répartition traduit une vocation essentiellement agro-pastorale du territoire avec une occupation humaine limitée mais structurée (figure 6).

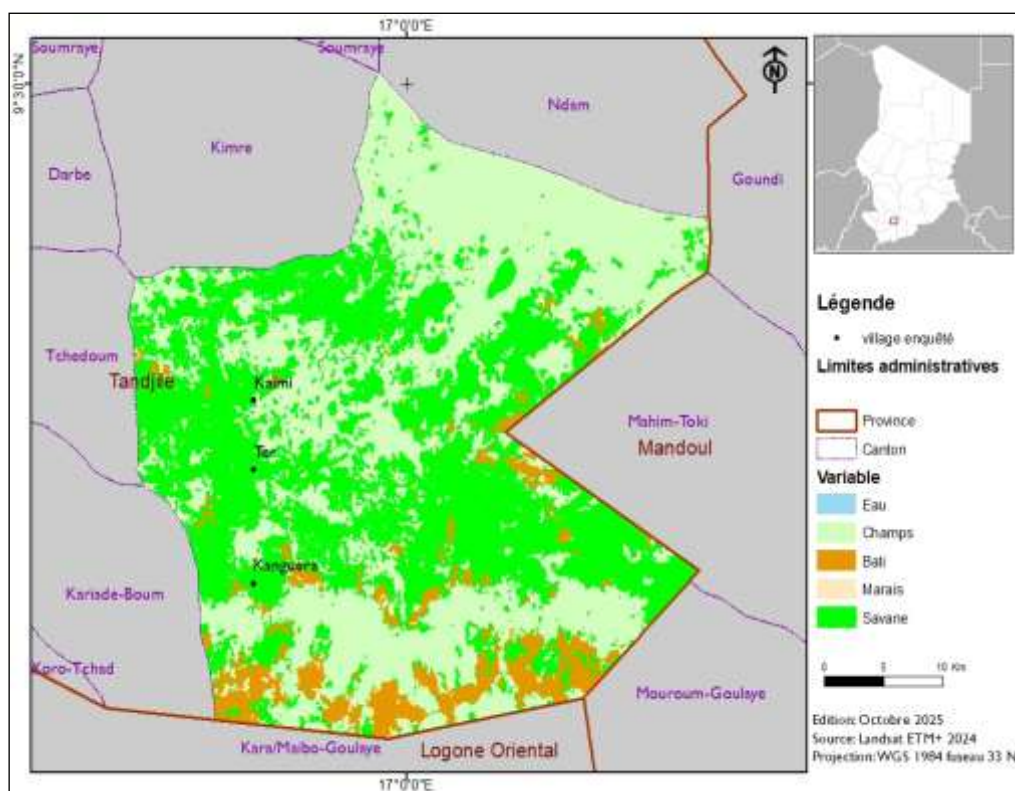


Figure 6 : Occupation du sol en 2024

Cette figure montre que la zone d'étude est dominée majoritairement par la Savane (vert et de Champs en 2024), indiquant un canton principalement rural avec une forte activité agricole. On note quelques zones de Bâti et de Marais, ainsi que la localisation de villages enquêtés comme Kaïmi, Ter et Kanguéra (tableau II).

Tableau II : Dynamique de l'occupation du sol entre 2000 et 2024

Variable	Superficie (Ha) 2000	Proportion 2000	Superficie (Ha) 2024	Proportion 2024	Régression /progression (Ha)
Champs	44675.04	29.245%	77258.55	50.5745%	32583.51
Bâti	9395.45	6.150%	13030.84	8.5302%	3635.39
Marais	125.73	0.082%	67.28	0.0440%	-58.45
Végétation	98564.83	64.522%	62404.38	40.8507%	-36160.45
Total	152761.05		152761.05		0.00

Source : Landsat ETM+2000-2024

L'analyse de l'évolution de l'occupation du sol entre 2000 et 2024 dans le canton de Dono-Manga révèle une transformation majeure du paysage dominée par l'expansion des terres agricoles. Les superficies de champs connaissent une forte augmentation (+32 583,51 ha), faisant passer leur proportion de 29,245 % à 50,5745 %, tandis que les espaces de végétation naturelle enregistrent une régression importante (-36 160,45 ha), passant de 64,522 % à 40,8507 %. Cette dynamique traduit clairement la conversion progressive des formations naturelles en espaces cultivés, faisant de l'agriculture la principale forme d'occupation du sol dans la zone.

Cette évolution est principalement liée à une forte pression anthropique sur les ressources naturelles, notamment sous l'effet de la croissance démographique et de la recherche de nouvelles terres agricoles. La perte de végétation coïncide presque entièrement avec l'extension des champs, confirmant que l'agriculture constitue le principal moteur de la dégradation des écosystèmes naturels. Bien que le bâti connaisse une légère augmentation et que les marais restent relativement stables, ces changements demeurent insuffisants pour expliquer l'ampleur de la régression de la

végétation. Cette situation met en évidence une pression croissante sur les terres, nécessitant une gestion plus durable et intégrée des ressources naturelles afin de concilier production agricole, préservation de l'environnement et équilibre territorial dans un contexte de variabilité climatique.

2.4. Dégradation des sols et des terres

La dégradation des sols et des terres constitue l'un des phénomènes majeurs observés dans le canton de Dono-Manga, fortement influencé par la variabilité climatique et les pressions anthropiques. Les sols, principalement ferrugineux tropicaux, subissent une perte progressive de leur fertilité naturelle en raison de l'irrégularité des précipitations, de l'érosion hydrique et de la diminution des périodes de jachère. Les épisodes de fortes pluies provoquent le lessivage des nutriments, tandis que les périodes de sécheresse accentuent la fragilisation de la structure des sols. Cette alternance climatique contribue à une diminution progressive des rendements agricoles et à une instabilité des systèmes de production.

Par ailleurs, les activités humaines intensifient ce processus de dégradation. L'extension des surfaces cultivées, le déboisement, la surexploitation des terres et la pression démographique entraînent une exploitation continue des sols sans repos suffisant. La disparition progressive du couvert végétal accentue l'érosion et favorise la formation de sols pauvres et peu productifs. Cette situation oblige les agriculteurs à exploiter de nouvelles terres, souvent marginales, ce qui aggrave encore la pression sur les écosystèmes. Ainsi, la dégradation des terres dans le canton de Dono-Manga apparaît comme un facteur central de fragilisation des systèmes agricoles et de recomposition des espaces ruraux.

Cette situation menace la durabilité des systèmes de production et appelle à l'adoption de pratiques agroécologiques telles que l'agroforesterie, le compostage, les cordons pierreux et le semis sous couvert végétal.

Pour connaître l'impact du sol sur la production agricole, il est important de procéder au calcul du coefficient d'Allan pour caractériser la baisse de la fertilité.

Exemple : le champ d'arachide

Type de culture : arachide

Nombre d'années de mise en culture : 30 ans

Nombre d'années de mise en jachère : 10

$$L = \frac{(30+10)}{30} = 1,33$$

$L = 1,33$

Dans le village Kanguéra, la parcelle a été mise en culture pendant 20 ans.

Le paysan fait une rotation de culture : sésame, sorgho, pénicillaire, arachide et maïs.

Le temps de jachère est de 5 ans

$$L = \frac{(20+5)}{20} = 1,25$$

$L = 1,25$

L'exemple dans le village Kanguéra montre bien que les terres agricoles sont surexploitées. Cela est dû aux effets de la variabilité climatique, de la pression démographique, de l'utilisation excessive des engrais chimiques et l'absence de jachère.

3. Discussion

Les résultats de cette étude montrent que les populations rurales et les systèmes de production agricole du canton de Dono-Manga constituent les principales victimes de la variabilité climatique. Les perturbations des régimes pluviométriques, combinées à la dégradation progressive des ressources naturelles, influencent fortement les activités agricoles et obligent les producteurs à

développer diverses stratégies d'adaptation. Dans cet espace rural soudanien, l'agriculture pluviale demeure fortement dépendante des conditions climatiques, ce qui accentue la vulnérabilité des exploitations face aux aléas climatiques et environnementaux. Cette situation se traduit par une instabilité des rendements, une pression accrue sur les terres et une recomposition progressive des systèmes de production.

La problématique de cette recherche s'inscrit dans les travaux portant sur les interactions entre changement climatique, dynamique des systèmes agraires et organisation spatiale des espaces ruraux. Les résultats obtenus mettent en évidence une forte transformation des systèmes agricoles, marquée par l'expansion des terres cultivées au détriment des formations naturelles et une dégradation continue des sols. Cette dynamique traduit une recomposition spatiale des unités d'occupation du sol sous l'effet combiné de la variabilité climatique et de la pression démographique. À l'échelle des exploitations, cette évolution se manifeste par la baisse de la fertilité des sols, la réduction des rendements agricoles et l'intensification des pratiques culturales.

Ces résultats convergent avec plusieurs travaux scientifiques réalisés dans des contextes agroécologiques similaires. Des auteurs tels que Madjigoto R. (2007), Réounodji F. (2003) et Moutedé-Madji V. (2012) ont également montré que les terres agricoles tendent à dominer les paysages ruraux au détriment des autres unités d'occupation du sol dans les zones soumises à forte pression anthropique et climatique. De même, Ndoutorlengar M. (2007) a observé dans le département de la Nya une transformation des systèmes agraires liée à l'accroissement des activités agricoles et pastorales en milieu rural dense. Baohoutou L. (2007) souligne par ailleurs que le déficit pluviométrique entraîne la disparition progressive de certaines espèces végétales pérennes et la prolifération des espèces annuelles, traduisant une profonde modification des écosystèmes. Enfin, Gouataine S. R. (2014) met en évidence l'impact des contraintes pédoclimatiques sur les saisons agricoles et la productivité des cultures.

Dans le cas spécifique de Dono-Manga, l'analyse diachronique de l'occupation du sol révèle une dynamique régressive des espaces naturels au profit des terres cultivées, confirmant l'intensification des activités agricoles sous l'effet conjugué de la variabilité climatique et de la croissance démographique. Cette évolution traduit une recomposition spatiale des systèmes agricoles, caractérisée par une extension des surfaces cultivées, une pression accrue sur les ressources naturelles et une fragilisation progressive des écosystèmes. Elle met également en évidence la nécessité de renforcer les stratégies de gestion durable des terres afin de limiter les impacts du changement climatique sur les systèmes de production agricole.

Conclusion

Cette étude avait pour objectif d'analyser les effets de la variabilité climatique sur la recomposition spatiale des systèmes agricoles dans le canton de Dono-Manga, au Sud du Tchad. Les résultats obtenus montrent que les systèmes de production agricole sont fortement dépendants des conditions climatiques, en particulier de la variabilité pluviométrique observée au cours des trois dernières décennies. Les analyses de l'Indice Standardisé de Précipitation (ISP) révèlent une alternance marquée entre périodes excédentaires et déficitaires, influençant directement les rendements agricoles et la stabilité des productions vivrières et commerciales.

L'étude met également en évidence une recomposition spatiale importante des unités d'occupation du sol. L'expansion des terres cultivées, la régression de la végétation naturelle et la diminution des zones humides traduisent une transformation profonde des paysages ruraux. Cette dynamique est principalement liée à la pression démographique, à la surexploitation des ressources naturelles et aux stratégies d'adaptation des producteurs face à l'insécurité alimentaire. Toutefois, cette extension agricole s'accompagne d'une dégradation progressive des sols, d'une perte de biodiversité et d'une fragilisation des écosystèmes locaux.

Face à ces contraintes, les populations rurales développent diverses stratégies de résilience, notamment la diversification des cultures, l'adoption de pratiques agroécologiques et l'ajustement

des calendriers agricoles. Ces initiatives témoignent d'une capacité d'adaptation locale, mais restent insuffisantes pour contrer durablement les effets de la variabilité climatique.

Ainsi, la durabilité des systèmes agricoles dans le canton de Dono-Manga dépendra de la mise en œuvre de politiques agricoles adaptées, du renforcement de la gestion durable des ressources naturelles et de la promotion de pratiques agricoles résilientes. Une planification territoriale intégrée apparaît indispensable pour concilier production agricole, préservation des écosystèmes et sécurité alimentaire dans un contexte de changement climatique croissant.

Références bibliographiques

- ADGER WILLIAM Neil, PHILIP MICHAEL Kelly., 1999, *Social vulnerability to climate change and the architecture of Entitlements*. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, pp. 253-266.
- AFFHOLDER François., 2001, *Modélisation de culture et diagnostic agronomique régional. Mise au point d'une méthode et application au cas du maïs chez les petits producteurs du Brésil Central*. Institut national agronomique paris-grignon. Thèse de doctorat, 221 p.
- AKINDELE ABANICHE Akibou, OGOUWALE Euloge, IBOURAÏMA Yabi., 2013, *Vulnérabilité et adaptation de la production vivrière aux contraintes climatiques dans la commune d'Adja-Ouéré*, Association Internationale de Climatologie, Vol. 26, pp. 45-50.
- AMANI YAO Célestin, 2013, *Production agricole et changement climatique : vers une tragédie des comportements paysans à Tiassilé*. European Scientific Journal, Vol. 8 N° 16, pp. 227-244.
- André BOUTNA., 2012. *Dynamique des systèmes agraires et des modes de gestion de l'espace dans le bassin du Mayo Kebbi (sud-ouest du Tchad)*, Thèse de doctorat, Géographie, Université de Lomé (Togo), 389 p.
- BAOHOUTOU Laohoté., 2007, *Les précipitations en zone soudanienne tchadienne durant les quatre dernières décennies (60-99) : variabilités et impacts*, Thèse de doctorat, Géographie, Université de Nice (France), 245 p.
- BAOHOUTOU Laohoté., BEDOUM Abdoulaye, CLOBITE Bouba Diona, MBANGHOGUINAN Alladoum, ISSAK Adoum., 2013, *Variabilités climatiques et ruptures dans les séries de précipitations en République du Tchad*, Revue Ivoirienne des Sciences et Technologies, 21, pp. 187-208.
- BAOHOUTOU Laohoté., BEDOUM Abdoulaye, CLOBITE Bouba Diona, MBANGHOGUINAN Alladoum, ISSAK Adoum., 2014, *Impact de la variabilité pluviométrique et de la sécheresse au sud du Tchad : effets du changement climatique*, Revue Ivoirienne des Sciences et Technologies, 23, pp. 13-30.
- BENOIT Serge, TRAORE Sidoine, SALACK, Sylvain., 2007, *Évaluation de l'incidence des changements climatiques sur les rendements des cultures céréalières en Afrique soudano-sabélienne*, Centre Régional Agrhymet, CILSS, Niamey.
- BENOIT Serge., LUC Audebrand., SANOUSSI Ahmed., 2011, *Identification des risques climatiques de la culture du maïs au Burkina Faso*, Int. Journal Biol. Chem. Sci. 5 (4), pp. 1659-1675.
- Brossier Jacques., 1987. *Système et système de production, note sur les concepts*, Cahier de Sciences Humaines, 23 (3-4), pp. 377-390.
- Dugué Marie-Josée., 2012. *Caractérisation des stratégies d'adaptation au changement climatique en agriculture paysanne*, AVSF, Lyon, Paris, 50 p
- FAO (2021). *Changement climatique et sécurité alimentaire en Afrique*. Rome.
- GOUATAINE SEINGUE Romain., 2010, *Le rendement de la culture du riz pluvial à Bongor : analyse des contraintes et stratégies d'adaptation*, Mémoire de Master, Géographie, Université de N'Gaoundéré (Cameroun), 140 p.
- GOUATAINE SEINGUE Romain, MOCTAR SINA Foukaï., 2015, *Impact de la variabilité pluviométrique sur la saison agricole à l'ouest du Tchad*, Afrique Science, 11(15), pp. 159-171.
- GOUATAINE SEINGUE Romain, MAGLOIRE DADOUM Djéko, MBAIHADJIM Jéchonias, 2016, *Dynamique de la pluie et production agricole au Sud-ouest du Tchad*, Revue Ivoirienne des Sciences et Technologies, N°28, pp. 408-417.
- IPCC (2023). *Climate Change Impacts and Adaptation*. Geneva

- JOSEPH ARMATHE Amougou, ROMAIN ARMAND SOLEIL Batha., 2014, *Dynamique spatio-temporelle des précipitations de 1960 à 2010 et essai d'élaboration d'un calendrier agricole dans la zone des hauts plateaux du Cameroun*, Revue Ivoirienne des Sciences et Technologies 23 pp. 153-177.
- KOUMTIBAYE Samuel., 2015, *L'impact de la variabilité climatique sur les activités agricoles dans les cantons Bénoué et Bébédjia*, Mémoire de Master, Géographie, Université de N'Djamena, 157p.
- LAZAR AGUIAR Augustin., 2009, *Impact de la variabilité climatique récente sur les écosystèmes des Niayes du Sénégal entre 1950 et 2004*, Thèse de Doctorat, Sciences de l'environnement, Université du Québec, 208 p.
- MADJIGOTO Robert., 1994, *Étude monographique d'un village soudano-sabélien et de son évolution en rapport avec les aléas pluviométriques : l'exemple de Moundourou*, Mémoire de maîtrise, Université de N'Djamena (Tchad), 63p.
- Ministère de l'Agriculture du Tchad (2022). *Rapport sur la production agricole nationale*.
- RATNAN Ngadoum., 2002, *Impact de la variabilité des précipitations sur la production agricole : cas de la préfecture du Chari-Baguirmi*, mémoire de Maîtrise, Université de N'Djamena, 76 p.
- REOUNODJI Frédéric, 2003 : *Espaces, sociétés rurales et pratiques de gestion des ressources naturelles dans le sud-ouest du Tchad : vers une intégration agriculture élevage*, Thèse de Doctorat, Paris I Panthéon-Sorbonne, 468p.
- TOGYANOUBA Yaninan. 2021, *Dynamique des systèmes de production agricole dans la zone Soudanienne : cas des villages Bekor-man et Mekapti dans la province du Logone oriental de 1989 à 2019*. Mémoire de Master, Géographie, Université de N'Djamena, Tchad 178 p.
- SAUTTER Gilles. (1978). *Agriculture traditionnelle et développement rural en Afrique tropicale*. Paris : ORSTOM.
- Yamba, Boubacar. (2013). *Dynamiques rurales et gestion des ressources naturelles au Sahel*. Dakar : CODESRIA.