

RISQUES CLIMATIQUES ET DÉGRADATION DES SOLS AGRICOLAS DANS LE TERROIR DE BEBEDJIA EN ZONE SOUDANIENNE DU TCHAD

¹Frédéric REOUNODJI, ²Magloire DADOUM DJEKO* et ³Alndingangar
DIMNGAR

¹Département de Géographie, Université de N'Djaména, Tchad ;

²Département de Géographie, Université de Moundou, Tchad.

, ³Département de Philosophie, Université de Moundou, Tchad ;

*Correspondant : dadoumdjeko@gmail.com

Résumé

Les perturbations climatiques à l'échelle planétaire et dans le bassin du Logone supérieur ne sont plus à démontrer. À ce phénomène, s'ajoute la dégradation des terres cultivables dans le canton Bébédjia, le Département de la Nya, depuis les années 1970, combinés à l'accroissement de la population. Ce qui a entraîné au cours de ces dernières années, des réductions de superficies des terres arables disponibles par habitant. L'objectif de la présente étude est de mettre en exergue, les effets de la variabilité pluviométrique sur les sols agricoles. À cet effet, une méthodologie basée sur la collecte, le traitement et l'analyse des données pluviométriques de la station de Bébédjia de 1981-2022 et celles agricoles, de 1981-2014. Une enquête auprès d'un échantillon de 60 personnes dont 40 hommes et 20 femmes selon un choix raisonné dans 7 villages du Canton. Les résultats ont montré une tendance générale à la baisse de la pluviométrie, 100% des enquêtés ont attesté une réduction notoire de terres cultivables à cause des caractéristiques des pluies. Ce qui a conduit quelques producteurs locaux à adopter des techniques et stratégies locales d'adaptation, notamment, la régénérescence naturelle assistée, la protection des sols et parfois la migration ou encore le changement de mode de vie pour faire face à ce phénomène planétaire combien désastreux pour l'ensemble des écosystèmes du bassin du Logone.

Mots clés : *Risques climatiques, dégradation des sols, bassin supérieur du Logone, Bébédjia, Tchad.*

Climatic risks and agricultural soil degradation in the bebedjia cantonal area in the sudan zone of Chad

Abstract

Climate disruptions on a global scale and in the Upper Logone Basin are no longer in doubt. This phenomenon is exacerbated by the degradation of cultivable lands in the Bébédjia canton, in the Nya Department, since the 1970s, combined with population growth. This has led to reductions in the area of available arable land per capita in recent years. The objective of this study is to

highlight the effects of rainfall variability on agricultural soils. To this end, a methodology based on the collection, processing, and analysis of rainfall data from the Bébédjia station from 1981 to 2022 and agricultural data from 1981 to 2014 was implemented. A survey was conducted with a sample of 60 people, consisting of 40 men and 20 women, selected through a reasoned choice from 7 villages in the Canton. The results showed a general downward trend in rainfall, with 100% of respondents confirming a reduction notorious for arable lands due to the characteristics of the rains. This has led some local producers to adopt certain local adaptation techniques and strategies, including assisted natural regeneration, soil protection, and sometimes migration or changes in lifestyle to cope with this globally disastrous phenomenon for all ecosystems in the Logone basin.

Key words: *Climate risks, soil degradation, upper Logone basin, Bébédjia, Chad.*

Introduction

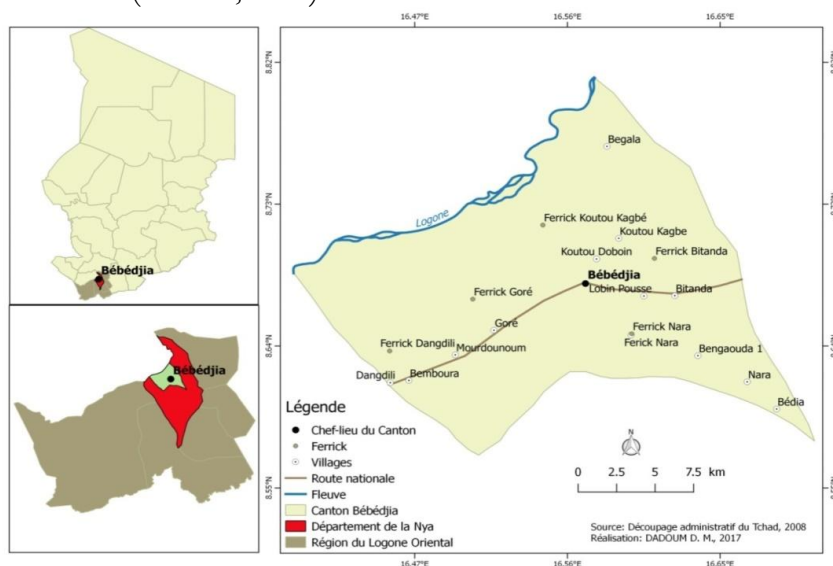
La terre, l'air et l'eau sont les pierres angulaires de la vie sur Terre. Pour soutenir la vitalité de notre écosystème mondial, nous devons comprendre la santé de nos actifs naturels et comment enrayer et réparer les dommages qui leur sont infligés (IPBES, 2028. p2). Aujourd'hui, moins d'un quart de la surface terrestre peut être considéré comme exempt d'impacts humains majeurs. Il n'en restera que 10 % en 2050 et il s'agira principalement de zones inhospitalières pour l'homme. Les 3/4 restants voient déjà leur biodiversité et ses fonctions plus ou moins gravement affectées par la transformation et la dégradation des terres (N. Michaels, 2020. p7). Ainsi, d'ici 2050, 50 à 700 millions de personnes seraient conduites à migrer sous la pression conjuguée de la dégradation des terres et du dérèglement climatique. La dégradation des terres fait partie des principales causes du changement climatique et, en retour, celui-ci en aggrave les effets en renforçant la vulnérabilité des écosystèmes. Par ailleurs, cette dégradation des terres et du climat réduit le champ des solutions : plus les solutions de restauration des terres sont tardives, moins elles seront efficaces et plus elles seront coûteuses et difficiles à mettre en œuvre (Marc Bied-Charreton et al., 2017. p7) Le phénomène de changement climatique est encore mal cerné sur l'ensemble du globe mais l'augmentation des gaz à effet de serre (GES) est une certitude dans l'atmosphère où l'Homme est en passe de dérégler profondément le climat au jour le jour et davantage (Dadoum et al., 2020, p5 ; Gouataine S. R., 2018. p24) . Ces perturbations se traduisent par des modifications bien plus fortes notamment des écosystèmes en général et la dégradation des sols agricoles en particulier. Déjà, plusieurs études récentes au Tchad ont montré que le bassin de Logone subit une fluctuation climatique très avérée, notamment : la sécheresse, l'inondation, la canicule, ... L'objectif de cette étude consiste à analyser et comprendre les effets des risques climatiques sur le processus de dégradation des sols agricoles à Bébédjia, dans le Département de la Nya. Face

à ce défi, on se pose la question de savoir comment parviendra-t-on à lutter efficacement contre le phénomène de dégradation des sols dû changement climatique et pour le bien être de la population du bassin versant du Logone ? C'est ainsi que dans le cadre de cette étude, il s'agira d'analyser l'évolution de la pluviométrie et ses effets sur la dégradation des sols cultivables au cours de ces dernières décennies, d'une part, sur les aspects socio-économiques, caractérisés par les mesures locales adoptées, d'autre part. Tout ceci pour contribuer à l'amélioration des conditions de vie des populations locales.

1 Méthodologie

1.1 Site d'étude

Couvrant une superficie de 422 km², le canton Bébédjia est limité par le fleuve Logone au nord, les cantons Béboni au nord-est, Béro à l'est, Miandoum au sud et Mbikou à l'ouest. Le canton se trouve dans le bassin pétrolier (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) compris entre 08°N et 09°64'N puis 16°20'E et 16°50'E dans le département de la Nya, Province du Logone Oriental en zone soudanienne du Tchad. Elle est soumise à un climat de savane avec une saison sèche (6 mois) et une saison humide (6 mois). La pluviométrie moyenne annuelle est comprise entre l'isohyète 900 et 1200 mm selon le gradient Nord-Sud. Les mois de juillet, août et parfois septembre sont les mois les plus pluvieux avec des cumuls mensuels variant entre 250 à 350 mm avec un maximal en août (ANAM, 2023).



Source : Dadoum, 2016.

Figure 1 : localisation de la zone d'étude.

Le canton Bébédjia est soumis aux conditions climatiques relativement contraignantes et où le processus de la dégradation des terres agricoles est continu (D. Dadoum, 2018, p10). Ces sols sont pour la plupart de types

hydromorphes, latéritiques, ferrugineux tropicaux et ferralitiques (E. Singambaye, 2021, p.13) et aussi, des sols sablo–argileux remaniés dans les bas-fonds (B. Suchel, 1987, p.221 ; Baohoutou L., 2007, p.155) par endroit. Le paysage est de type savane arborée composé en général des espèces dominantes dont le *Parkia biglobosa*, le *Vitellaria paradoxa*, le *Kaya senegalensis*, le *Tamarindus indica*, le *Detarium microcarpum* et les *Acacia sp.* Pourtant, durant les années de bonne pluviosité (1920-1960), cette zone était suffisamment fertile où toutes les cultures s’y produisaient normalement.

1.2 Matériel

Dans cette étude, les logiciels Word, Excel ont facilité la saisie et le traitement des données climatiques. Le matériel « terre agricole » est pris en compte à cause de sa forte importance pour l'ensemble des écosystèmes naturels ainsi que la documentation qui a contribué à l'amélioration de la présente étude.

1.3 Méthodes

Pour cette étude, la collecte des données climatiques faite à l'échelle cantonale de 1981-2022 et celle des cultures, de 1981-2014 a été effectuée auprès de la station de recherches agronomiques de Bébédjia. Les enquêtes se sont passées auprès de 60 personnes les plus âgées de trois (3) villages témoins que sont Béndissa, Bédananga et Bémanga. L'autre critère est le rendement des cultures labourées par saison et par ménage. Quant aux ménages enquêtés, leur taille varie de 5 à 8 personnes et la superficie emblavée est en moyenne de 2 ha par ménage. La durée de la jachère varie entre 1 à 2 ans, au plus. Pour la productivité des sols, l'évolution de la pluviométrie, la dynamique et la perception des populations ainsi que les pratiques d'adaptation, les informations complémentaires sont collectées à travers un guide d'entretien orienté.

Pour le traitement et l'analyse des données pluviométriques, il s'agit de la détermination des tendances et des calculs d'indice standardisé pluviométrique suivant la loi normale selon l'équation 1, ci-dessous :

$$I = \left(\frac{Xi - \bar{X}}{\delta} \right)$$

Équation 1 :

Avec :

- Xi = cumul pluviométrique de l'année i ;
- $\bar{X}$ = Moyenne de la pluie annuelle sur la période 1981-2021 ;
- δ = écart-type de la série pluviométrique 1981-2021 ;
- I = la valeur de l'indice de Lamb.

Aussi, l'utilisation de la classification de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) pour l'analyse a facilité la compréhension du degré de sévérité et de la sécheresse selon différents sites (I).

Tableau I: Classification du SPI

Classification du SPI Classes du SPI	Degré de la sécheresse
SPI > 2	Humidité extrême
1 < SPI < 2	Humidité forte
0 < SPI < 1	Humidité modérée
-1 < SPI < 0	Sécheresse modérée
-2 < SPI < -1	Sécheresse forte
SPI < -2	Sécheresse extrême

Source : OMM, 2012.

Dans le souci de s'assurer davantage de la qualité des données, le test à la loi de Gumbel a été utilisé. Universellement admise, elle régit les phénomènes extrêmes, Laborde J. P. (1998, p13), Yue S. (2000, p56) et Baohoutou L. (2007, p231). En l'appliquant aux séries de pluies journalières maximales, il paraît logique de la retenir comme loi de distribution (Carrega P., 1995, p45 ; SOGREAH, 1998, p57). De même, en appliquant l'indice de Fournier modifié, le degré d'érosion se traduit par (Equation 2) :

$$\text{Equation 2 : } IFM = \sum_{i=1}^{12} \frac{P_i^2}{P}$$

où :

$$\left\{ \begin{array}{l} IFM = \text{indice de Fournier modifié en mm ;} \\ P_i = \text{précipitation du mois } i \text{ en mm ;} \\ P = \text{précipitation totale annuelle, en mm.} \end{array} \right.$$

Le calcul de l'IFM se fait pour chaque année et ensuite on calcule la moyenne. L'agressivité de la précipitation est montrée selon les valeurs conventionnelles, l'état a un certain risque d'érosion, qui varie de faible à très élevé, augmentant à mesure que l'altitude est plus élevée; c'est-à-dire que le relief détermine en grande partie la vulnérabilité à l'érosion et aux processus érosifs par l'intensité de la pluie, aspect qui est artificiellement amplifié par des facteurs tels que la déforestation et le changement d'usage des terres. Cependant, la configuration de cet indice est en bandes parallèles à la côte, avec les valeurs les plus basses dans les plaines côtières. Ainsi, Arnoldus (1980) a proposé une correction de l'Indice de Fournier (IF) dans laquelle on considère non seulement les précipitations mensuelles du mois le plus humide, mais aussi celles des autres mois. Cet indice modifié de Fournier (IFM) caractérise l'agressivité des précipitations et se calcule de la manière suivante (Tableau II) :

Tableau II : classification selon l'indice de Fournier modifié (IFM)

Classification de l'IFM	
0 – 60	Très bas
60 – 90	Bas
90 – 120	Modéré
120 – 160	Élevé
> 160	Très élevé

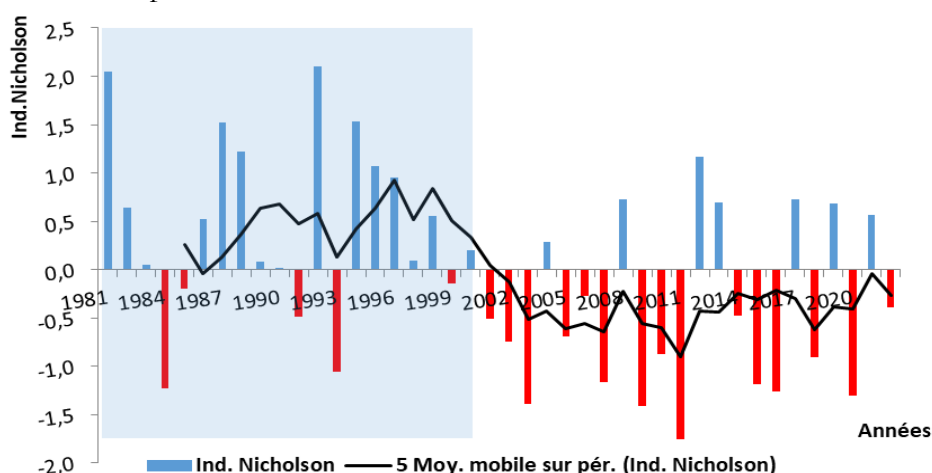
Source : Arnoldus (1980).

2 Résultats

À partir des données pluviométriques recueillies, l'étude a permis de cerner les conséquences des risques climatiques sur les terres agricoles ainsi que quelques effets induits non-négligeables en termes socio-économiques au sein des communautés locales de Bébédjia.

2.1 Caractéristiques de la pluviométrie de la zone d'étude.

Concernant la pluviométrie, on remarque que la période de 1981 à 2000 est la plus pluvieuse, même si les années 1983 et 1984 sont déficitaires. Aussi, une légère reprise est constatée de 2012 à 2021 mais entrecoupée des années moins pluvieuses. Cependant, de 2001 à 2011, une rupture est constatée au cours de cette période même si la moyenne mobile signale un léger retour de période d'assez bonne pluviosité.



Source : ANAM, 2024.

Figure 1 : Comportement de la pluviométrie dans le Canton Bébédjia

Il est important de rappeler que Ozer et *al.* (2016. p375 – 383) retient comme critère de début d'une saison donnée, une quantité de 20 mm de pluies recueillies en 3 jours consécutifs après le 1er mai, sans période sèche supérieure à 7 jours dans les 30 jours qui suivent. Aussi, toute quantité de pluie supérieure à 50 mm survenue en moins de 10mn est susceptible de nuire à la structure et la texture du sol. Tout ceci n'est pas sans conséquence sur la production des cultures (A. D. Kabe et *al.*, 2019. p.67-79). Bien qu'elle soit alternée par des années humides et sèches, l'évolution de la pluviométrie comporte des années humides qui probablement lessiver.

Tableau III : Dates des débuts et de fins de saisons dans le Canton Bébédjia

1981-2010 (30 ans)		2010-2020 (20 ans)	
Début	Fin	Début	Fin
30 avril	12 octobre	4 mai	9 octobre

SOURCE : ANAM, 2023.

De 1981 à 2010, la date moyenne de début de la saison de pluie se situe en avril alors que cette tendance est au glissement de la saison en débutant 1 mois plus tard en mois de mai mais la fin des pluies reste toujours au mois d'octobre. Ce qui justifie d'avantage le rétrécissement et le glissement de la saison hivernale dans la zone d'étude au cours de ces dernières décennies.

2.2 Effets de la pluviométrie sur les sols

L'érosion par la pluie se caractérise par l'arrachement des particules par la pluie sous l'effet de l'énergie cinétique des gouttes qui sont caractérisées par leurs vitesses de chute en fonction de la hauteur et la vitesse du vent, de leur poids et de leur diamètre (Roose, 1994). Les gouttes de pluies sous l'effet du choc à la surface du sol, emportent des particules par rejaillissement par mobilisation, d'où l'effet « splash ». Plus généralement, ce sont les particules fines qui sont arrachées et projetées. Les matériaux ainsi arrachés se déposent et contribuent au colmatage des pores inter granulaires des sols, ce qui conduit à la formation et à l'extension de fines pellicules imperméables (croûtes superficielles) et au lieu d'impact, un tassement de la surface du sol qui réduit la porosité et favorise le ruissellement

(<http://www.prelude.cepeo.on.ca/Nos%20%C3%A9rosion%20des%20sols/krystiansweb/%C3%A9rosion.htm>, consulté le 12.07.2025).

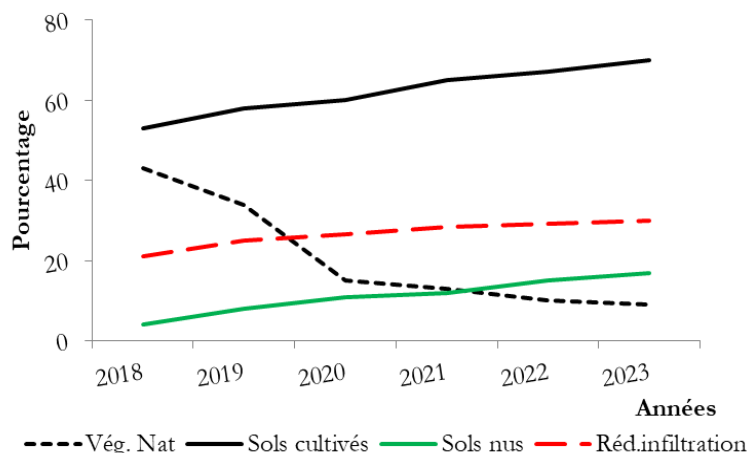
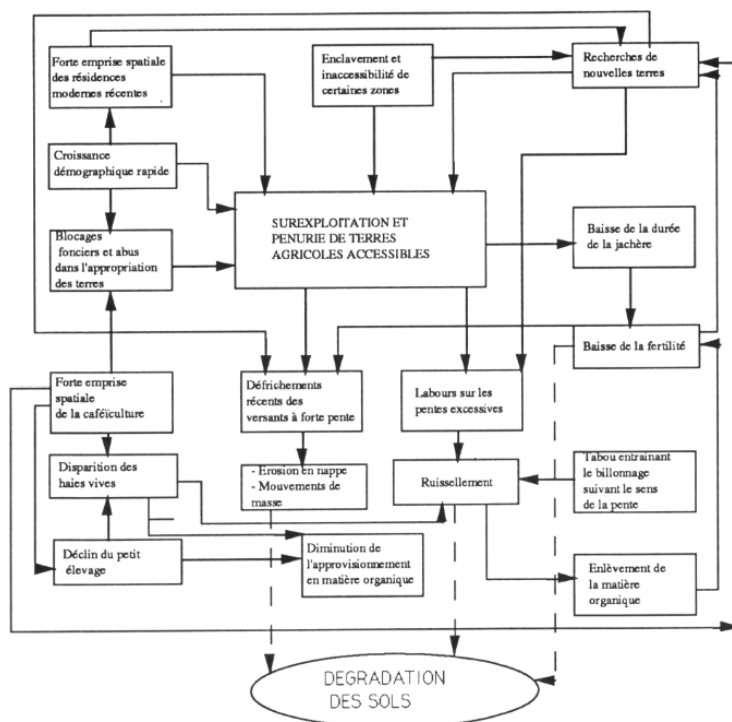


Figure 2 : Evolution de la dégradation des types de sols

D'une manière ou d'une autre, le processus de dégradation des sols peut se résumer selon le plan ci-dessous (Figure 3).



source : Tchava, 1993 adapté par M. D. Dadoum, 2025.

Figure 3 : processus de dégradation des sols

Dans le canton Bébédjia, selon les données de la station agrométéorologique, le comportement de l'IFM va croissant selon la tendance ($y = 1,8818\ln(x) + 0,9149$ avec $R^2 = 0,0886$) au cours de ces dernières décennies (Figure 4).

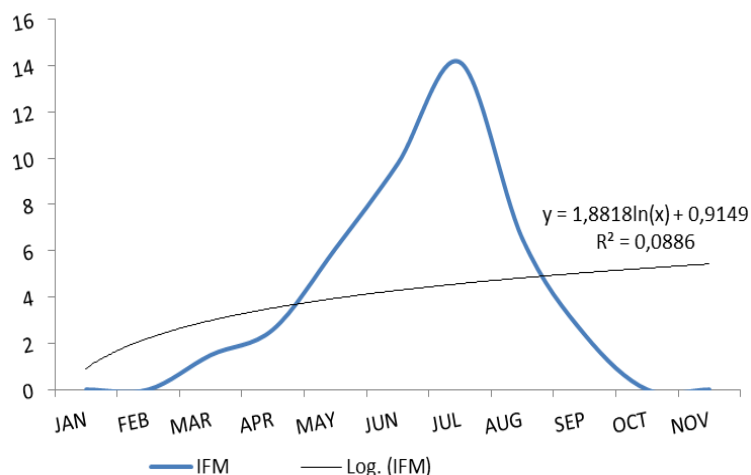


Figure 4 : Evolution d'indice d'agressivité de Fournier.

Toutefois, en utilisant l'indice d'agressivité de Fournier modifié (IFM), il apparaît très clairement faible dans la zone d'étude avec une valeur de 43 (Tableau).

2.3 Analyse des aspects socio-économiques de la dégradation des sols agricoles

L'érosion n'est pas seulement un problème technique. Si la lutte antiérosive a connu jusqu'ici des succès mitigés, ce n'est pas seulement parce qu'on n'a pas bien résolu tous les aspects techniques du problème, mais aussi, parce qu'on n'a pas suffisamment étudié les racines socio-économiques des crises d'érosion. L'augmentation de la population se traduit par une pression accrue sur les ressources naturelles d'un espace, ce qui à son tour, conduit à leur surexploitation et à leur dégradation.



Source : aquaportail.com adapté Dadoum, 2025.

Photo 1 : sol dégradé par la pluie en zone soudanienne

La situation est générale comme le souligne D. Alndingangar (2022, p.48) : « la conjugaison de réchauffement climatique et de surnatalité fera que l'Afrique ne pourra subvenir qu'à 13% de ses besoins alimentaires d'ici à 2050 ». Les ressources peuvent être classées en fonction des facteurs de dégradation ou des réponses apportées. Ainsi, pour notre cas, il est bien connu que les pluies exceptionnelles entraînent généralement de gros dégâts, l'importance relative de celles-ci est variable selon qu'on soit dans la zone septentrionale ou méridionale du bassin. D'après les analyses, les aspects économiques de la dégradation des sols sont caractérisés par plusieurs pertes à savoir, la perte sur les lieux érodés concernant beaucoup les autochtones, caractérisée par la perte d'eau, ; la perte de la production immédiate et à long terme au niveau local voire régionale (dans le bassin), la perte de surface cultivable au niveau des parcelles, la nuisance à la population située à l'aval du bassin caractérisée l'augmentation des matières en suspension, l'inondation des zones habitées.

Aussi, en améliorant les capacités des sols, on pourra rétablir l'équilibre socio-économique (M. Dadoum Djeko, 2023, p10). La dégradation des sols pourrait être source de conflit. Du fait de la croissance démographique mentionnée ci-dessus, l'insuffisance des terres cultivables par rapport à cette pression crée souvent des problèmes en milieu rural. Ce phénomène a entraîné le départ du village natal pour les grands centres urbains (exode rural) : « L'insécurité alimentaire augmente l'instabilité sociale, les conflits intercommunautaires, les migrations. Les populations exposées sont davantage des proies faciles des réseaux terroristes qui profitent de leur misère et de leur désespoir » (D. Alndingangar, 2022, p.40) Sous ce climat, l'action combinée de la pluie et du ruissellement constitue un facteur d'érosion des sols. L'eau qui ruisselle à la surface du sol exerce sur ce dernier (H. Karambiri, 2003 ; p45). En surface des sols nus, leur structure se détruit sous l'impact des gouttes de pluie. Ensuite, le

ruissellement commence, du fait de la diminution de porosité. On distingue alors deux (2) formes d'érosion sur un bassin versant à savoir l'érosion en nappe ou inter – rigole et érosion en rigole, ravine, thalweg et rivière (H. Karambiri, 2003, p45).

2.4 Perception des producteurs et mesures d'adaptation

Bien que la production de certaines cultures comme les légumineuses oscille en dent de scie dans l'ensemble du Canton à cause de la variabilité climatique, cette culture reste et contribue efficacement comme facteur déterminant dans la production du niébé selon les personnes enquêtées (Tableau IV).

Tableau IV: Perception des producteurs sur les effets de la variabilité climatique sur le niébé.

Effets de la pluviométrie sur le sol agricole	Nombre de personnes enquêtées	Pourcentage
Constat : Erosion hydrique	11	18
Retard dans la maturité	8	13
Baisse de production	24	40
Flétrissement des cultures	7	12
Rabougrissement	10	17
TOTAL	60	100

Source : enquête 2023.

Ensuite, les procédés biologiques de lutte contre l'érosion, de maintien et d'amélioration de la fertilité des sols qui peuvent retenus sont entre autres : Les assolements et la rotation des culture, La fertilisation et la densité des cultures ; L'époque des semis ; Les cultures associées et dérobées ; Le paillage et le mulching ; Les plantes de couverture ; Les engrais verts ; La jachère et les prairies temporaires ; La jachère naturelle ; La jachère améliorée ; Jachère successive ; la concurrence entre les lignes d'arbustes et les cultures ; la hauteur et la fréquence de coupes ; La culture en bandes alternées ; Les haies vives et les bandes d'absorption ; Le travail du sol ; les cultures multi-étagères ; la séquence alternée des parcelles, etc.

Ainsi, 18% des producteurs attestent qu'au regard des fluctuations de la pluviométrie, les terres agricoles s'érodent facilement ; 13% affirment le retard dans la maturité. De là, s'en suit fondamentalement la baisse de production (40%) puis le flétrissement des cultures à (12%) ainsi que le rabougrissement des cultures (17%). Les conséquences sont connues. Une telle concentration d'effets spatio-temporels de pluies dans la zone d'étude, affecte les cultures qui n'arrivent plus à s'épanouir et à boucler normalement leur cycle végétatif. Ce qui entraîne une baisse importante sur les rendements et par conséquent une perturbation non des moindres aux activités socioéconomiques y afférents. Ainsi, on remarque dans la zone d'étude, le décollage des cultures d'arachide et

du sésame ces dernières années dans la zone d'étude. Ce qui justifie davantage l'adhésion des producteurs à cette culture qui leur permet de s'adapter à ce contexte de crise climatique (O. A. Goni, 2021, p142-143).

3 Discussion

Au vu des données pluviométriques collectées, traitées et utilisées dans le cadre de cette étude, nombreuses ont fait l'objet d'anciens travaux. Comme l'ont affirmé M. Dadoum Djeko et *al.*, 2017 ; M. Dadoum Djeko et *al.*, 2018 ainsi que R. S. Gouataine et *al.*, (2021). L'utilisation des différentes lois de distributions a facilité la compréhension du comportement de la pluviométrie sur les activités socio-économiques de la zone d'étude (M. Dadoum Djeko et *al.*, 2023, p12). Les résultats de l'étude montrent que les données pluviométriques évoluent en baisse continue (B. Doukpolo. 2014, p212). Ensuite, M. Dadoum Djeko et *al.*, en 2018 a confirmé que des années sèches et humides influencent considérablement l'insécurité alimentaire des ménages dans la localité de Bénoye. Ces résultats corroborent avec ceux de nombreux auteurs susmentionnés qui ont confirmé ces fluctuations régressives dans la sous-région comprise entre l'Ouest de la Centrafrique, au Niger et au Tchad.

En revanche, les années où la pluie a commencé au mois de mars pour finir en octobre, l'indice de comportement spatio-temporel de la pluviométrie montre que le besoin en eau des cultures n'est pas satisfait à cause du niveau de fertilité de sol. D'une manière ou d'une autre, la dégradation des sols agricoles pourrait être à l'origine des mouvements des populations.

Et pourtant, un sol en végétation naturelle retient l'eau de ruissellement et en permet, d'une part une plus grande infiltration, et d'autre part une utilisation de l'eau plus massive par les plantes. Un sol cultivé présente un état de déstructuration de l'horizon superficiel qui le rend plus vulnérable à l'érosion. À l'étape ultime de la désertification apparaît un sol nu, sur lequel plus rien ne pousse (Casenave et Valentin, 1988). Des études agronomiques récentes réalisées au Burkina par Fournier et *al.* (2000), et Yacouba et *al.* (2002), permettent de chiffrer les coefficients de ruissellement des différents types de surfaces.

Conclusion

De ce qui ressort de l'analyse des résultats, l'influence des risques climatiques sur les sols agricoles en général, est un fait réel dans la zone d'étude: « l'adaptation et la résilience à la crise climatique sont déjà un défi crucial et urgent » (D. Alndingangar, 2022, p.46). Les indices pluviométriques ont permis d'apprécier le degré de variabilité de ce paramètre et les incidences engendrées. L'excès ou le déficit influe sur les différents types de sols. Ce qui constitue l'une des causes de l'aggravation de la vulnérabilité des populations locales agricoles qui, naturellement compte sur la nature du sol pour leur survie. Surtout, l'inadéquation avec la croissance démographique et les fluctuations extrêmes de

la pluviométrie posent problème même si les autres paramètres climatiques peuvent influencer. Cette tendance donne lieu à plusieurs risques, notamment, les risques d'insécurité alimentaire, de famine et parfois de sécheresse, d'une année à une autre, dans le canton Bébédjia. C'est pourquoi, la gestion durable des terres agricoles, avec la mise en place des variétés des plantes à tubercules et racines adaptées, contribueraient sans nul doute à faire face à cette péjoration climatique. Pour mieux gérer la fertilité des sols érodés, il est important de procéder à une sensibilisation des principaux acteurs à la meilleure gestion de l'eau et aussi à une meilleure gestion des nutriments et de la matière organique, à la pratique de l'agroforesterie en tenant compte des actions d'accompagnement notamment l'introduction des cultures plus valorisantes. D'autres solutions l'encouragement (promotion) (; favoriser les actions sur) de l'élevage, la diversification des productions fruitières, l'amélioration de la sécurité foncière. Il faut aussi encourager les expérimentations en milieu paysan, ayant à sa base l'application d'un programme de recherche pluridisciplinaire, l'adaptation de nouvelles techniques de résilience dans le contexte local, l'élaboration des pratiques agricoles durable, etc. Avec cette évolution du changement climatique, il y a également lieu de limiter l'utilisation des engrais azotés. Dans cette condition, la jachère est obligatoire. Aussi, des actions communautaires concertées de résilience et d'adaptation doivent être l'un des objectifs prioritaires en investissant davantage dans les actions de Conservation, de Restauration des Eaux et des Sols, valoriser les zones aménagées, appliquer une politique de fertilisation.

Références bibliographiques

- Abel DAIBA KABE, Nadji TELLRO WAI et DADOUM DJEKO Magloire. 2019. « Variabilité pluviométrique et activités socio-économiques des pasteurs et agropasteurs de la partie Tchadienne du bassin du Lac-Tchad à Bol ». *Afrique SCIENCE* 15(6) (2019) 67 – 79. ISSN 1813-548X. <http://www.afriquescience.net>
- ALNDINGANGAR Dimngar. 2022. « Du naturalisme au catastrophisme climatique », *Annales de l'Université de N'Djamena*, Série A, juin-2022, N° 15, pp 38 –53
- Archives de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, 1985, *Le sorgho, Arachide et le mil dans l'alimentation humaine*, Rome
- BAOHOUTOU Laohoté. 2007 : *les précipitations en zone soudanienne tchadienne durant les quatre dernières décennies (60-99) : variabilités et impacts*. Thèse de doctorat de géographie, Université Nice Antipolis, France. 245p.
- Bernard DOUKPOLO. 2014. *Changements climatiques et productions agricoles dans l'Ouest de la République Centrafricaine*. Doctorat en Géographie et Géosciences de l'Environnement (Agroclimatologie et Développement). Université d'Abomey-Calavi. Bénin, 338 p.

- DADOUM DJEKO Magloire. 2017. « Impact de la variabilité climatique sur les cultures pluviales dans le canton Bénoué en zone soudanienne du Tchad », Annales de l'Université de Moundou Vol. 3 (1). ISSN 2304 - 1056 (print). Série A – Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines., (2017).
- DADOUM DJEKO Magloire. 2018. Effets de la variabilité climatique sur les systèmes agraires dans le canton Bébédjia en zone soudanienne du Tchad. Thèse de doctorat en Géographie (Agroclimatologie). Université Abdou Moumouni de Niamey. Niger, 238 p.
- Francois NUTTENS et Youlé Tchilgue. 2003. Tchad : Niébé, environnement, société : des producteurs en difficulté. Jean-Yves Jamin, L. Seiny Boukar, Christian Floret. Cirad - Prasac, 15 p. 2003.
- Géraud MAGRIN., 1999. Des famines au Tchad utile – Réflexions sur les relations entre Niébé et sécurité alimentaire dans la zone soudanienne du Tchad, PRASAC, Observatoire du développement, Université de Paris I/Panthéon-Sorbonne, 38 p.
- GIEC. 2023. Synthèse du sixième rapport d'évaluation du Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC). Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires et le Ministère de la Transition énergétique. France. 1-4p.
- GONI Ousmane Abakar. 2021. Le déclin d'exploitation du niébé au Tchad...Annales de l'Université de Moundou, Série A-FLASH Vol. 8 (3). aflash-revue-mdou.org, p- ISSN 2304-1056/e-ISSN 2707-6830 150.
- Jean-Bernard SUCHEL. 1987 : “ Les climats au Cameroun ”. Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Saint Etienne (en 3 tomes) 1186 p.
- KADIDIATOU Ousmane. 2004. “Etude comparative des différents critères de détermination des dates de démarrage des saisons”, Mémoire fin d'étude technicien Supérieur en agrométéorologie, Centre régional Agrhymet, Niamey Niger. 60 p.
- OMM, “Guide d'utilisation de l'indice pluviométrique standardisé” (M. Svoboda, M. Hayes et D. Wood) (OMM-N°1090) Genève, (2012).
- OZER et al., 2016. Evolution récente des extrêmes pluviométriques au Niger (1950-2014). Geo-Eco-Trop, 41. p375 – 383.
- Romain GOUATAINE SEINGUE, Magloire DADOUM DJEKO & Issa DOUBRAGNE. 2021. « Riziculture irriguée et mutations socio-économiques dans la vallée du Logone à Bongor (Tchad) ». Revue canadienne de géographie tropicale/Canadian journal of tropical geography [En ligne], Vol. (8) 2. En ligne le 25 décembre 2021, pp. 33-38. URL: <https://revuecangeotrop.ca>
- Karambiri Haroun. 2003. Crue et érosion hydrique au Sahel, étude et modélisation de flux d'eau et de matières sur un petit bassin versant pastoral au nord du Burkina Faso, Thèse de doctorat, Université Paris VI – Pierre et Marie Curie, 316p

YACOUBA Haroun. 2002. Etude du processus de dégradation du bassin supérieur du Logone (Burkina Faso) : écoulement de surface et pertes de terres liées à l'eau. IN : résumé des communications de la 2^{ème} journée scientifique des Ecoles EIER/ETSHER du 30 mai 2000 à Ouagadougou, Burkina Faso.

YONKEU Samuel. 2000. Dynamique des formations végétales dans le bassin du Logone. IN : résumé des communications de la 2^{ème} journée scientifique des Ecoles EIER/ETSHER du 30 mai 2000 à Ouagadougou, Burkina Faso.

Sites Web consultés :

https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/20250_4pages-GIEC-2.pdf le 20 avril 2024.

https://report.ipcc.ch/ar6syr/pdf/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf, le 10 mai 2024.

(<http://www.prelude.cepeo.on.ca/Nos%20%C3%A9l%C3%A8ves/krystiansweb/%C3%A9rosion.htm>), le 12 mars 2023.

<https://theconversation.com/la-degradation-des-sols-un-probleme-planetaire-qui-affecte-deux-milliards-detres-humains-79299>;

https://www.fondationbiodiversite.fr/wp-content/uploads/2019/01/IPBES_Depliant_DegradationSols.pdf