

ÉVALUATION DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DES OPERATIONS DE LA COMPAGNIE SUCRIERE DU TCHAD : AGRICULTURE INDUSTRIELLE ET PERENNITE ECOLOGIQUE DANS LA REGION DU MOYEN-CHARI

*Innocent NANGOMDÉ¹ et Romain GOUATAINE SEINGUÉ²

¹Doctorant à l'Université de Ngaoundéré au Cameroun, Département de Géographie.

²Département de Géographie, Ecole Normale Supérieure de N'Djamena/ Groupe de
Recherche Espace Climat Environnement (GRECE), ENS N'Djamena

*B.P : 454 Ngaoundéré, E-mail : nangomdei@gmail.com

Résumé

Cette étude se penche sur l'impact environnemental des opérations de la Compagnie Sucrière du Tchad (CST) dans la plaine de Banda, qui se trouve dans le Moyen-Chari. En se basant sur une approche diachronique issue d'images Landsat (1990-2020), de données relatives au sol et à l'eau, ainsi que de 95 interviews, la recherche met en évidence une transformation notable des dynamiques paysagères et écologiques. Les résultats montrent une baisse marquée des savanes et des forêts claires (-38%), une expansion majeure des plantations de canne à sucre (+182%) et un appauvrissement significatif des zones humides (-27%). Par ailleurs, le bassin du Chari subit une pression considérable sur ses ressources hydriques, comme l'indiquent la hausse de 57% des prélèvements d'eau et la baisse de 24% du débit pendant la saison sèche. On observe une dégradation notable des sols, caractérisée par une baisse de la matière organique, une augmentation de l'acidité et un doublement du degré d'érosion. On observe une baisse significative de la biodiversité (de -30 à -42 % selon les indicateurs). Ces tendances trouvent une confirmation dans les perspectives des communautés locales, témoignant d'un rapprochement entre la science et l'expertise paysanne. L'étude conclut que le système agro-industriel actuel exacerbe la vulnérabilité écologique de la zone et requiert l'implémentation de plans de gestion durable intégrés.

Mots-clés : *agro-industrie, canne à sucre, occupation du sol, hydrologie, dégradation des sols, biodiversité, géographie environnementale, Tchad, Moyen-Chari.*

Assessment of the environmental effects of the Chad Sugar Company : Ecological Sustainability and Industrial Agriculture in the Moyen-Chari Region

Abstract

This study examines the environmental impacts of the Compagnie Sucrière du Tchad (CST) on the Banda plain, located in the Moyen-Chari region of southern Chad. Using a diachronic approach based on Landsat imagery (1990–2020), assessments of soil and water quality, and 95 interviews, the study demonstrates a notable shift in regional landscapes and biological systems. The results indicate

a significant decline in natural wetlands (-27%), a significant rise in sugarcane plantations (+182%), and a major decline in natural flora (-38%). A 24% decrease in dry-season flow and a 57% increase in water demands indicate that the water resources in the Chari River basin are under greater stress. The deterioration in soil quality has been caused by decreased organic matter, increased acidity, and triple erosion rates. Biodiversity has been severely reduced, with declines of 30–42% in key biological indices. The strong correlation between local community opinions and scientific data indicates a shared understanding of ecological degradation. All things considered, the study demonstrates how the current agro-industrial paradigm exacerbates socio-ecological vulnerability and promotes integrated strategies to enhance environmental sustainability in the region.

Keywords: *agro-industry, sugarcane, land-use change, hydrology, soil degradation, biodiversity, environmental geography, Chad, Moyen-Chari.*

Introduction

Depuis de nombreuses années, les secteurs agro-industriels se développent en Afrique centrale et sahélienne, entraînant des changements significatifs dans les dynamiques territoriales, paysagères et écologiques (Altieri, 2009). L'agriculture tchadienne avant les années d'indépendance est totalement tributaire des pluies (Baohoutou Laohoté, 2007, Gouatainé Seingué Romain, 2014, Gouatainé Seingué R. et al., 2021). La Compagnie Sucrière du Tchad (CST), qui a vu le jour dans les années 1970 grâce au soutien technique et financier de partenaires étrangers, représente l'un des complexes agro-industriels majeurs au Tchad. Sa mise en place dans la plaine de Banda, qui fait partie de la zone soudanaise, a contribué à augmenter la production nationale de sucre et à générer de nombreux emplois en milieu rural. Néanmoins, cette croissance entraîne une pression accrue sur les ressources naturelles, dans un environnement déjà caractérisé par une vulnérabilité écologique significative (Turner et al., 2003).

La croissance rapide des cultures industrielles de canne à sucre suscite de sérieuses questions liées à la condition environnementale : diminution de la végétation, extraction d'eau à grande échelle, dégradation des sols, diminution de la biodiversité. Toutefois, ces impacts demeurent insuffisamment documentés par des recherches de géographie intégrée. La problématique fondamentale de cette étude est donc : quels sont les effets environnementaux induits par la culture intensive de la canne à sucre dans la plaine de Banda, et comment ces derniers affectent-ils la pérennité territoriale du Moyen-Chari ?

L'objectif premier est d'examiner les conséquences écologiques de la CST dans la plaine de Banda en détaillant les modifications liées au sol, à l'eau et à la flore. Plus précisément, cela consiste à étudier les modifications de l'utilisation des sols sur une période de 30 ans ; analyser les conséquences des prélèvements d'eau sur le bassin du Chari ; examiner la condition et le développement des sols ; observer

les changements dans la biodiversité locale et inclure les perspectives environnementales des communautés résidant à proximité.

1. Localisation de la zone d'étude

Située entre Sarh, Banda et Danamadji, la plaine de Banda se situe dans la province du Moyen-Chari, au sud du Tchad. Elle se trouve dans la région bioclimatique soudanienne, connue pour ses savanes boisées et ses sols tropicaux riches en fer (INSEED, 2020). Le Chari, qui est un cours d'eau important dans la région, constitue la seule source d'irrigation pour l'usine de sucre.

La signification de cet endroit est due à la combinaison de milieux naturels, de terres agricoles et du secteur agroalimentaire, qui présente une perspective globale sur les relations entre les systèmes de production et écologiques (Bertrand, 1968).

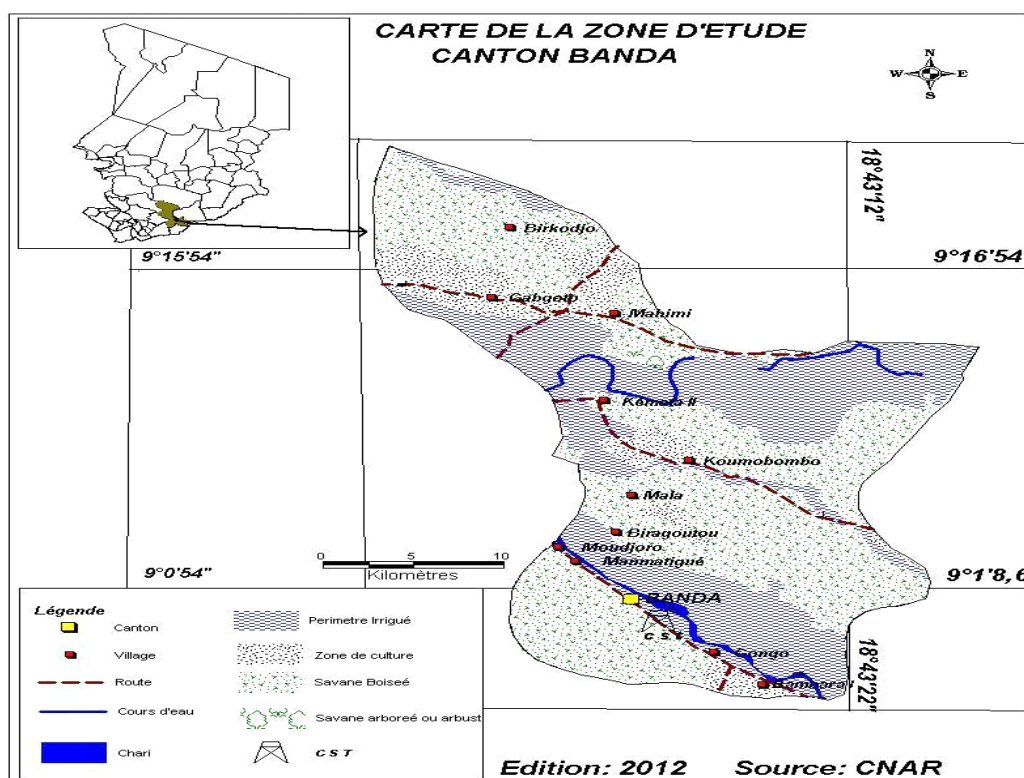
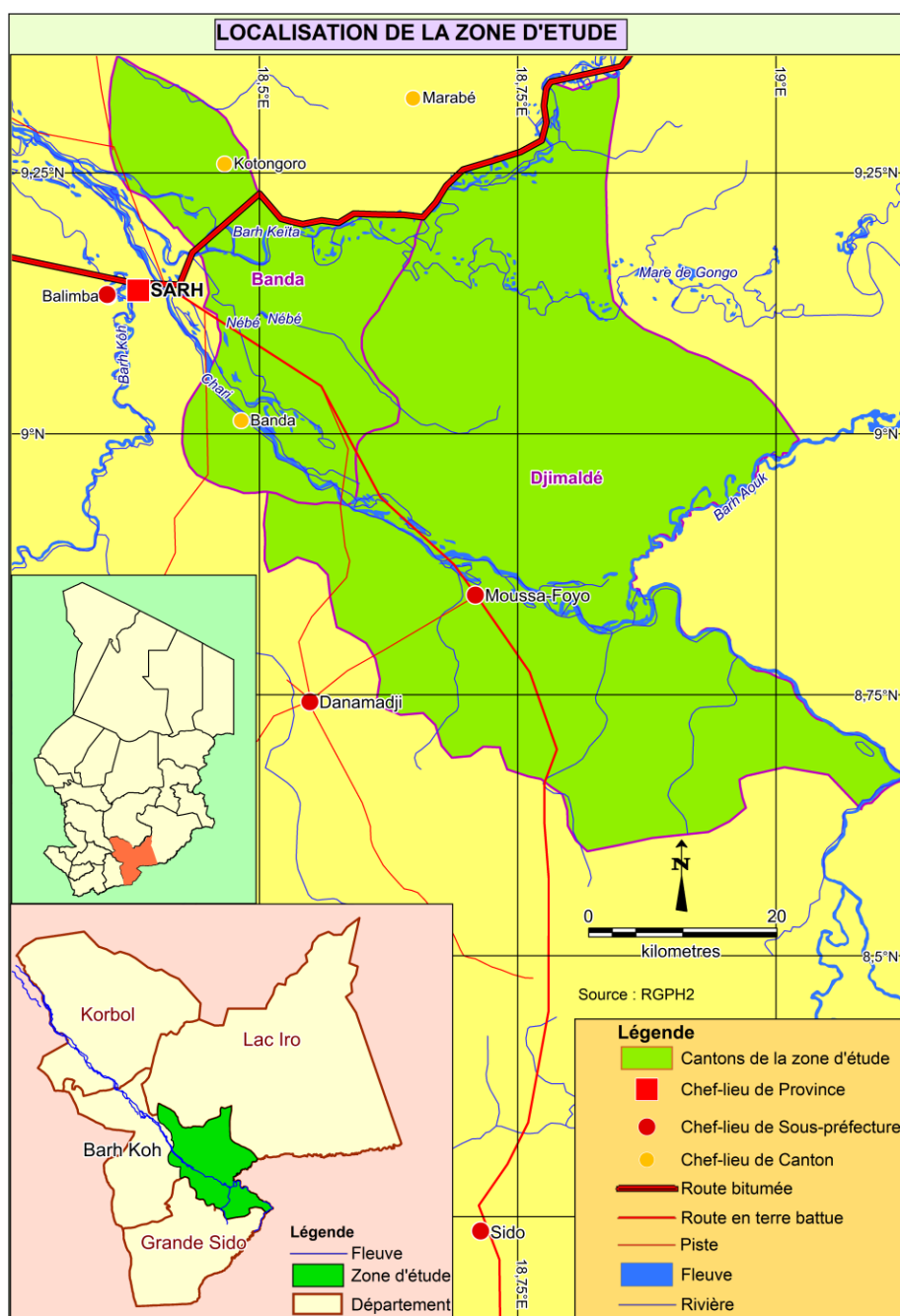


Figure 1 : Localisation du site d'étude



Source : Données RGPH2, Edition 2021
Figure 2 : Localisation de la zone d'étude

2. Méthodes

Cette analyse diachronique s'appuie sur des images Landsat (1990, 2000, 2010, 2020) qui ont été traitées en utilisant QGIS à travers une classification supervisée. L'indice NDVI a été utilisé pour surveiller les variations de la vitalité des plantes (FAO, 2017).

Les données proviennent de 95 entretiens : 60 foyers, 25 employés de la CST et 10 responsables administratifs. Les travaux de recherche ont permis d'intégrer plus aisément les perceptions locales dans un contexte socio-écologique (Berkes & Folke, 1998).

L'évaluation de la matière organique, du pH, de la densité et de la turbidité des eaux a été réalisée en se basant sur les données recueillies auprès de l'ITRAD (2012) et de la CST. L'approche hydropaysagère s'inspire des recherches sur les vulnérabilités liées à l'eau dans les zones tropicales (Roupsard, 1987).

Des analyses statistiques ont été effectuées en utilisant R, tandis que le codage des données qualitatives a été réalisé grâce à NVivo, suivant une approche thématique.

3. Résultats

3.1. Évolution de l'occupation du sol (1990–2020)

Tableau 1. Transformation de l'occupation du sol dans la plaine de Banda

Catégories d'occupation du sol	1990 (ha)	2020 (ha)	Variation (%)	Tendances observées
Savanes et forêts claires	18 500	11 470	−38 %	Régression continue du couvert naturel
Zones agricoles vivrières	8 200	6 950	−15 %	Réduction au profit de la monoculture sucrière
Plantations de canne à sucre	4 300	12 150	+182 %	Expansion massive du domaine sucrier
Zones humides naturelles	2 700	1 980	−27 %	Assèchement et perturbation écologique
Infrastructures (habitats, routes, usine)	1 100	2 900	+163 %	Urbanisation industrielle du périmètre CST

Le tableau 1 illustre un changement territorial significatif, marqué par une réduction notable de la couverture végétale naturelle (−38 %). Cette disparition coïncide avec une croissance fulgurante des cultures de canne à sucre (+182 %), qui deviennent le composant prédominant du panorama. Cette tendance provoque une transformation artificielle du territoire, observable par la vaste expansion des espaces dédiés aux infrastructures de l'industrie sucrière.

La dégradation des zones humides, indispensables à la biodiversité locale, est un indicateur alarmant : elle révèle une perturbation du cycle hydrologique résultant de l'utilisation intensive de l'irrigation.

Globalement, l'industrie agroalimentaire tend à remplacer un environnement diversifié et écologiquement équilibré par un espace standardisé, mécanisé et centré sur une seule production.

3.2. Pression sur les ressources hydriques

Tableau 2. Évolution des paramètres hydrologiques du bassin du Chari (2000–2020)

Paramètres hydrologiques	2000	2020	Variation	Incidences écologiques
Volume annuel d'eau prélevé (millions m ³)	21	33	+57 %	Pression accrue sur les ressources de surface
Débit du Chari en saison sèche (m ³ /s)	68	52	−24 %	Baisse significative de l'écoulement naturel
Turbidité moyenne (NTU)	47	73	+55 %	Eaux plus chargées en matières en suspension
Charge organique (mg/L)	7,2	12,5	+73 %	Pollution organique issue des effluents
Superficie des mares et zones humides (ha)	2 700	1 980	−27 %	Assèchement et fragmentation des écosystèmes

Les observations indiquent une augmentation de la pression hydrique due à l'irrigation massive de la canne à sucre. La hausse de la quantité d'eau extraite (+57 %) est associée à une diminution marquée du flux du Chari pendant la saison sèche (−24 %), ce qui influence directement l'approvisionnement en eau pour les populations et les écosystèmes situés en aval.

Une augmentation notable de la turbidité et de la charge organique indique une détérioration de la qualité de l'eau. Ces hauts niveaux d'enrichissement organique reflètent la présence d'eau sucrée, de résidus de lavage et de matières provenant de l'érosion accélérée des terres agricoles.

Le déclin des zones humides (−27 %) est le reflet de l'impact cumulatif de l'exploitation de l'eau, du drainage agricole et de la sédimentation. Ces directives indiquent une augmentation de la vulnérabilité hydrologique dans le bassin du Chari et une réduction de sa capacité à s'autoréguler.

3.3. Dégradation des sols et fertilité

Tableau 3. Analyse de la qualité des sols dans le périmètre sucrier (2000–2020)

Paramètres pédologiques	2000	2020	Évolution	Effets sur les sols
Teneur en matière organique (%)	2,1	1,3	–38 %	Appauvrissement biologique
pH du sol	6,4	5,7	Acidification	Perte d'équilibre chimique
Densité de la microfaune (%)	100	62	–38 %	Baisse de l'activité biologique
Taux d'érosion (t/ha/an)	7	15	+114 %	Forte perte de sol cultivable
Compaction du sol	Faible	Forte	En hausse	Réduction de l'infiltration

Les observations révèlent un processus de dégradation du sol, caractérisé par une diminution de la matière organique, une acidification du sol et une réduction de la diversité microbienne. Ces changements découlent de la pratique régulière du labour, de l'accroissement des produits chimiques et de la mise en œuvre d'un arrosage élargi.

L'accroissement du taux d'érosion (de 7 à 15 t/ha/an) indique que les sols sont plus susceptibles aux précipitations et au drainage, surtout durant la période post-récolte lorsqu'ils sont découverts. Ce mécanisme diminue graduellement la fertilité, compromettant ainsi la productivité future de la superficie.

3.4. Impacts sur la biodiversité

Tableau 4. Évolution de la biodiversité (2000–2020)

Indicateurs biologiques	2000 (référence = 100)	2020	Variation (%)	Observations
Densité des oiseaux	100	64	–36 %	Disparition progressive des espèces des savanes
Densité des petits mammifères	100	58	–42 %	Fragmentation des habitats
Diversité floristique	100	70	–30 %	Homogénéisation des paysages
Superficie des habitats naturels (ha)	21 200	13 450	–37 %	Réduction des niches écologiques
Présence d'espèces sensibles	Normale	Faible	–	Stress écologique élevé

La diminution générale des indices de biodiversité (de 30 à 42 %) reflète la diminution graduelle des environnements naturels. La transition des savanes boisées vers des cultures mécanisées entraîne l'élimination de niches écologiques essentielles. Les oiseaux, qui sont particulièrement sensibles à l'aménagement du paysage, font partie des espèces les plus touchées. La réduction de la diversité des plantes peut être attribuée à la prédominance d'une seule forme de culture et aux méthodes de maintenance employées (comme le désherbage mécanique ou l'utilisation de pesticides).

L'érosion des écosystèmes naturels expose une uniformisation paysagère, caractéristique des agro-écosystèmes industriels et en contradiction avec les principes de résilience écologique.

3.5. Perceptions locales des changements environnementaux

Tableau 5. Synthèse des perceptions environnementales des populations

Thèmes abordés	% de répondants	Principales observations exprimées
Rareté de l'eau en saison sèche	78 %	Réduction du débit, mares asséchées
Baisse de la fertilité des terres	64 %	Rendements vivriers réduits
Disparition de certaines espèces animales	71 %	Oiseaux et petits gibiers presque absents
Déforestation	83 %	Recul des boisements pour la canne et le bois-énergie
Pollution des eaux	59 %	Eaux plus troubles, mauvaise odeur

Les conclusions scientifiques sont confirmées par les observations locales. Les communautés identifient clairement les contraintes environnementales majeures : le manque d'eau, la baisse de la fertilité des sols, le déclin de la biodiversité et la déforestation.

Leur vécu constitue un indicateur crucial, car il offre une vision sur la vitesse et l'étendue des modifications environnementales. Cela souligne également l'inquiétude croissante des communautés concernant la durabilité du système actuel.

4. Discussion

L'analyse des données révèle que l'industrie sucrière de Banda entraîne une transformation radicale du territoire, perturbant les équilibres écologiques, hydrologiques et sociaux. Ce phénomène s'aligne avec des tendances déjà identifiées dans diverses zones tropicales où la culture unique à grande échelle est un élément clé de l'anthropisation des milieux naturels (Altieri, 2009 ; Berkes & Folke, 1998).

4.1. Une dynamique d'anthropisation comparable aux autres périmètres agro-industriels africains

La diminution de la végétation dans la plaine de Banda (−38 % entre 1990 et 2020) est représentative des évolutions semblables observées dans divers pays d'Afrique subsaharienne.

Au Kenya, l'augmentation des cultures de canne à sucre autour de la région productrice de sucre de Mumias a entraîné une diminution correspondante de la savane boisée et des zones humides (Tilman et al., 2002). Selon Rounsard (1987), la région agro-industrielle de Ferkessédougou en Côte d'Ivoire a subi une déforestation de 40 % sur vingt ans, principalement due à la culture de la canne et du coton.

Au Mozambique, les recherches concernant les régions de culture de la canne à sucre à Buzi et Marromeu mettent en évidence une diminution des forêts sèches dépassant les 35% (Weis, 2010).

Ces tendances corroborent le schéma proposé par Bertrand (1968), stipulant que les systèmes agro-industriels transformeraient radicalement les paysages, standardisant les mosaïques écologiques et diminuant les interfaces naturelles.

Concernant le Moyen-Chari, l'augmentation de +182 % des cultures industrielles reflète une pression plus intense que dans divers contextes africains. Le taux de conversion est semblable à celui que l'on constate dans les régions productrices de sucre en Amérique latine, plus particulièrement au Brésil où les savanes du Cerrado présentent des niveaux d'artificialisation analogues (Godard, 1994).

4.2. Une pression hydrique accentuée dans un contexte de forte variabilité climatique

Le bassin du Chari, un système hydrique déjà vulnérable aux sécheresses récurrentes (FAO, 2017), subit une pression accrue en raison de la hausse des extractions d'eau par la CST (+57 % sur vingt ans).

Cette pression hydrique peut être comparée à la situation du fleuve Nzoia au Kenya, où l'exploitation intensive de la canne à sucre a causé une réduction saisonnière du débit de 20 à 30 % (Tilman et al., 2002) ; à la vallée du Sassandra en Côte d'Ivoire, où la charge organique s'est multipliée par deux suite aux rejets agro-industriels (Rounsard, 1987) et aux régions irriguées du Mali, où l'agriculture intensive a entraîné une hausse de 45 % de la turbidité due au ruissellement (Altieri, 2009).

Toutefois, un aspect spécifique au Tchad est l'importance presque exclusive de l'agro-industrie qui dépend d'un fleuve sujet à d'importantes variations climatiques. Les études de Turner et al. (2003) ainsi que de Berkes & Folke (1998) mettent en évidence que les systèmes socio-écologiques atteignent un point critique lorsque qu'une industrie exploite une portion significative des ressources en eau dans des milieux fragiles.

L'exemple du Moyen-Chari démontre cette vulnérabilité : une diminution de 24 % du flux en saison sèche restreint l'accès à l'eau potable, impacte la pêche et diminue le remplissage des mares saisonnières essentielles à l'élevage local.

4.3. Dégradation des sols : une tendance généralisée dans les monocultures tropicales

L'observation d'une diminution de la matière organique (-38%) ainsi qu'une acidification (le pH variant de 6,4 à 5,7) soutiennent les déductions de l'ITRAD (2012) et confirment des changements globaux déjà observés dans les zones tropicales :

- Au Sénégal, dans la région de Richard-Toll où l'on cultive la canne à sucre, on observe une réduction similaire de 35% du contenu organique (FAO, 2017).
- Dans le Cerrado du Brésil, l'intensification de la culture de la canne à sucre entraîne une acidification rapide des sols et un déclin de la biodiversité microbienne (Weis, 2010).
- Dans les zones irriguées de l'Afrique de l'Est, on a noté une compaction significative des sols qui réduit l'infiltration et augmente l'érosion (Tilman et al., 2002).

Il semble d'autant plus alarmant que l'érosion à Banda a doublé en deux décennies (+114 %). Ce développement excède les limites déterminées par la FAO (2017) pour les systèmes tropicaux (10–12 t/ha/an).

Elle soutient la théorie selon laquelle l'agriculture industrielle intensive, sans rotation des cultures, augmente les dangers de détérioration irréversible des sols (Altieri, 2009).

4.4. La perte de biodiversité : un phénomène accéléré dans les paysages agro-industriels

L'observation d'une réduction de 30 à 42 % de la faune (oiseaux, mammifères) dans la plaine de Banda est en accord avec les études réalisées sur d'autres zones agro-industrielles au Kenya, où les zones de culture de canne à sucre ont connu une diminution de 41 % de leur population aviaire (Tilman et al., 2002) ; en Zambie, où l'établissement de cultures industrielles a entraîné une diminution de 50 % des espèces d'oiseaux autochtones (Weis, 2010). Et au Mozambique, où plus de 35 % des principales espèces floristiques ont disparu des savanes qui ont été modifiées pour la culture de la canne à sucre.

Cette perte de biodiversité s'explique en grande partie par la standardisation des paysages, l'élimination des savanes boisées, la fragmentation des habitats et l'utilisation de produits chimiques (Berkes & Folke, 1998).

Concernant le Tchad, la réduction des zones humides (-27 %) intensifie cette tendance, étant donné que ces habitats sont essentiels pour les oiseaux migrateurs et les petits mammifères.

Par conséquent, la situation actuelle de la CST reflète le modèle traditionnel de « simplification écologique », comme décrit par Turner et al. (2003). Dans ce

modèle, les paysages tendent à être plus homogènes, moins résilients et davantage exposés aux perturbations.

4.5. Perceptions locales : convergence entre savoirs scientifiques et savoirs paysans

Les opinions exprimées par les communautés (déforestation : 83 %, pénurie d'eau : 78 %, extinction de la faune : 71 %) coïncident avec les conclusions scientifiques.

Plusieurs études au Sahel ont relevé ce phénomène de convergence. Au Burkina Faso, les paysans considèrent la déforestation comme le principal danger environnemental (Altieri, 2009). En Éthiopie, les populations relient la diminution du niveau d'eau à l'extension des cultures uniques (Berkes & Folke, 1998).

Cela démontre que les communautés locales représentent une source d'information crédible pour saisir les dynamiques écologiques, comme l'ont prouvé Berkes & Folke (1998) dans leur analyse des systèmes socio-écologiques.

4.6. Vers quel modèle de durabilité pour la CST ?

Selon Godard (1994), les transformations visibles dans la plaine de Banda démontrent que les modèles agro-industriels intensifs, s'ils ne sont pas accompagnés d'actions solides de gestion durable, pourraient perturber les systèmes écologiques locaux.

Pour mettre en perspective, le Brésil a instauré des techniques de rotation des cultures et de restauration de sols dans le domaine du sucre-éthanol ; au Kenya, des dispositifs ont été développés pour la gestion des eaux usées et des déchets organiques et l'établissement de zones tampon entre les cultures et les rivières est désormais une exigence en Zambie.

Le Tchad pourrait s'inspirer de ces modèles pour renforcer la durabilité du périmètre de Banda.

Conclusion

L'analyse des impacts environnementaux associés à la culture de la canne à sucre dans le Moyen-Chari met en évidence une transformation notable du paysage et une augmentation de la vulnérabilité des écosystèmes.

La suppression de la végétation, l'érosion des terres et la pollution de l'eau illustrent les contraintes environnementales liées à un modèle agro-industriel de grande envergure.

Pour renforcer la durabilité, il est essentiel de mettre en place une gouvernance environnementale qui engage diverses parties prenantes. Cela englobe la CST, les autorités locales, les ONG et également les communautés voisines. Le défi réside dans l'équilibre entre la rentabilité de l'industrie sucrière et la préservation des ressources naturelles ainsi que l'aménagement durable du territoire du Moyen-Chari.

Références bibliographiques

Altieri, M. A. (2009). *L'agroécologie, les petites exploitations agricoles et la souveraineté face aux crises*. Revue Mensuelle, 61(3), 102–113.

- Baohoutou, L. (2007). Les précipitations en zone soudanienne tchadienne durant les quatre dernières décennies, variabilité et impact, thèse de doctorat, Université de Nice, France.
- Berkes, F., & Folke, C. (1998). *Linking social and ecological systems: Management practices and social mechanisms for building resilience*. Cambridge University Press.
- Bertrand, G. (1968). Paysage et géographie physique globale : essai méthodologique. *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 39(3), 249–272.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P., & van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(6630), 253–260.
- FAO. (2017). *Irrigation and crop water requirements in tropical agriculture*. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture.
- Godard, O. (1994). *Le développement durable : perspectives philosophiques et politiques*. La Découverte.
- Gouatainé Seingué R. (2014). Evaluation des contraintes pédoclimatiques au développement des cultures dans la plaine de Bongor. *Revue scientifique du Tchad*, CNAR, Vol 1, N°4 (2014) PP.32-39 P.
- Gouatainé Seingué R. et al. (2021). Riziculture irriguée et mutation socio-économique dans la vallée du Logone
- INSEED. (2020). *Annuaire statistique du Tchad 2020*. Institut National de la Statistique, des Études Économiques et Démographiques.
- ITRAD. (2012). *Rapport d'analyse des sols du périmètre sucrier de Banda*. Institut Tchadien de Recherche Agronomique pour le Développement.
- Pigeon, P. (2012). *Géographie critique des risques*. Armand Colin.
- Pinheiro, M. (2014). *Hydrolandscapes and ecological vulnerability in tropical basins*. University Press.
- Roupsard, M. (1987). *Théories et méthodes de développement agricole en Afrique tropicale*. L'Harmattan.
- Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., & Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418(6898), 671–677. <https://doi.org/10.1038/nature01014>
- Turner, B. L., Kasperson, R. E., Matson, P. A., McCarthy, J. J., Corell, R. W., Christensen, L., Eckley, N., Hovelsrud-Broda, G. K., Kasperson, J. X., Luers, A., Martello, M. L., Polsky, C., Pulsipher, A., & Schiller, A. (2003). A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(14), 8074–8079. <https://doi.org/10.1073/pnas.1231335100>
- Weis, T. (2010). *The accelerated extinction of agricultural systems*. Yale University Press.
- WCED (World Commission on Environment and Development). (1987). *Our Common Future*. Oxford University Press.