

Dynamique spatio-temporelle d'occupation du sol dans la zone agropastorale de la commune de Korahane, centre Nord de la république du Niger

Adamou Dila Souleymane

Awaiss Aboubacar

Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger

Ado Maman Nassirou

Faculté des Sciences Agronomique,
Université Djibo Hamani de Tahoua, Niger

Issa Garba

Centre Régional Agrhymet, Niger

[Doi:10.19044/esj.2025.v21n14p111](https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n14p111)

Submitted: 08 January 2025

Accepted: 03 May 2025

Published: 31 May 2025

Copyright 2025 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Souleymane A.D., Aboubacar A., Nassirou A.M. & Garba I. (2025). *Dynamique spatio-temporelle d'occupation du sol dans la zone agropastorale de la commune de Korahane, centre Nord de la république du Niger*. European Scientific Journal, ESJ, 21 (14), 111. <https://doi.org/10.19044/esj.2025.v21n14p111>

Resume

Au Niger centre et précisément dans la partie Nord de Maradi, l'élevage constitue l'activité agricole la plus essentielle des communautés. Malheureusement ces dernières années, les ressources naturelles de la zone en particulier les ressources pastorales sont confrontées à une dégradation et une réduction de leur potentialité. Cette étude a pour objectif général d'évaluer la dynamique spatiale et temporelle d'occupation du sol dans la zone agropastorale de la commune de Korahane. L'étude est basée sur l'utilisation des données satellitaires de type Landsat 5 TM (1990), Landsat 7 ETM (2000), Landsat 8 OLI/TIRS (2015) et Landsat 9 OLI 2 (2022) toutes de résolution spatiale et temporelle de 30m et 16 jours. La méthode de classification supervisée par interprétation visuelle et l'approche diachronique par comparaison des années deux à deux ont été utilisées dans le cadre de cette étude. Le résultat du calcul du taux d'évolution a fait ressortir une progression de 55,09 % pour les cultures, 0,48 % pour le bâti, 0,06 % pour le sol nu et 0,01 % pour l'eau. Pour les formations steppiques, on constate que 11,28 % et 44,37

% de superficies de steppes arborées et arbustives ont été respectivement diminuées de 1990 à 2022. L'analyse et l'interprétation de la matrice de changement intervenu au niveau de différentes classes d'occupation du sol ont montré que de 1990 à 2022, 17 940,25 ha des terres ont été dégradées, 639,52 ha de terres qui ont été transformées sous forme d'amélioration contre 9 325,27 ha de terres qui ont été restées sans changement (stable) au cours de cette période de 1990 à 2022. Cette situation peut être expliquée par des facteurs tels que la forte pression démographique, la forte variabilité climatique et les mauvaises pratiques d'exploitation et de gestion du site. L'intérêt de cette étude constitue un préalable pour l'identification des contraintes de gestion des ressources naturelles, l'évolution de pratiques agraires et la croissance démographique. Son objectif ultime et d'améliorer les connaissances sur la dynamique des grandes unités d'occupation du sol qui constitue des bases à l'organisation et à la planification du territoire.

Mots clés: Dégradation, télédétection, SIG, ressources naturelles, agro-pastorale, matrice de transition, Korahane

Spatio-temporal dynamics of land cover in the agro-pastoral zone of Korahane commune, central north of Republic of Niger

Adamou Dila Souleymane

Awaiss Aboubacar

Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger

Ado Maman Nassirou

Faculté des Sciences Agronomique,
Université Djibo Hamani de Tahoua, Niger

Issa Garba

Centre Régional Agrhymet, Niger

Abstract

In central Niger and specifically in the northern part of Maradi, livestock farming is the most essential agricultural activity of the communities. Unfortunately, in recent years, the natural resources of the area, particularly pastoral resources, have been facing degradation and a reduction in their potential. The general objective of this study is to assess the spatial and temporal dynamics of land use in the agropastoral zone of the commune of Korahane. The study is based on the use of satellite data such as Landsat 5 TM (1990), Landsat 7 ETM (2000), Landsat 8 OLI/TIRS (2015) and Landsat

9 OLI 2 (2022), all with a spatial and temporal resolution of 30m and 16 days. The supervised classification method by visual interpretation and the diachronic approach by comparing years two by two were used in this study. The result of the study showed an increase of 55.09% for crops, 0.48% for housing, 0.06% for bare soil and 0.01% for the water body. For steppe formations, it is noted that 11.28% and 44.37% of areas of wooded and shrubby steppes were reduced, respectively reduced from 1990 to 2022. The analysis and interpretation of the change matrix at the level of different land use classes showed that from 1990 to 2022, 17940.25 ha of land were degraded against 639.52 ha of land which were transformed in the form of improvement. The remaining land area of 9325.27 ha constitutes the area of land that has remained stable during this period from 1990 to 2022. This situation can be explained by factors such as high population pressure, high climatic variability and poor exploitation and management practices of the site.

Keywords: Degradation, remote sensing, GIS, agro-pastoral, matrix of transition, Korahane

Introduction

La terre est la vraie richesse de l'Afrique subsaharienne (ASS). Ce continent est caractérisé par une très grande diversité d'écosystèmes naturels, qui hébergent des ressources telles que les sols, la végétation, l'eau et la diversité génétique (Liniger et al., 2011). Dans cette région, Le changement d'occupation du sol prend une ampleur sans précédente depuis les dernières décennies, rendant l'intérêt de documenter l'état des écosystèmes locaux particulièrement important Observatoire du Sahara et Sahel (2015). La neutralité en matière de dégradation des terres (LDN) est le nouveau paradigme afin de gérer la dégradation des terres, introduit pour mettre fin à la perte continue de terres saines due à une gestion non durable et à la conversion des terres. La LDN soutiendra la réalisation de multiples Objectifs de développement durable (ODD) liés à la sécurité alimentaire, à la réduction de la pauvreté, à la protection de l'environnement et à l'utilisation durable des ressources naturelles (Convention des Nations unies sur la lutte contre la désertification, 2016).

Au Niger, les terres de pâturage et les parcours, constituées de savanes, de steppes et de cordons rupicoles, ont connu d'importants bouleversements faisant passer leur superficie de 411 372 km² en 1975 à 349 328 km² en 2013, soit une perte de 15 %. Au cours de la même période, les superficies agricoles ont doublé passant de 64 848 à 125 672 km², soit une augmentation annuelle de 1 600 km² de terres agricoles (Atlas des cartes d'occupation des sols, 2016 ; (Soumana et al., 2021). Dans la région de Maradi, le potentiel en terres cultivables est estimé à 2 476 680 ha (Plan de Développement Régional

Maradi, 2016-2020) soit 59,25 % de la superficie de la région. Les superficies des terres emblavées ont évolué de 1985 à 2015 de 2 881 300 ha à 3 341 900 ha soit une augmentation de 16 % en 30 ans. Cette augmentation des terres emblavées s'est faite par extension sur des espaces forestiers et pastoraux. Cette situation risque d'exacerber la viabilité des systèmes pastoraux et favorise des conflits autour de l'utilisation des ressources naturelles notamment l'espace. Une étude sur le Schéma d'Aménagement Foncier (2020) a montré la même dynamique au sein de la région montrant que la superficie cultivée (3 341 900 ha) a dépassé d'environ 35 % la superficie cultivable de la région (2 476 680 ha). Par ailleurs, pour l'Observatoire du Sahara et du Sahel (2013), le changement en termes d'occupation des terres a commencé en 1975 et ces processus intervenant dans les modes d'occupation et d'utilisation des sols engendrent des impacts au niveau des processus qui contrôlent les écosystèmes. La détection des changements d'occupation du sol à partir d'une cartographie précise des caractéristiques environnementales permettant d'évaluer l'évolution des ressources naturelles (Dome et al., 2020). Au Niger, les études portant sur l'évolution spatiotemporelle d'occupation du sol ont été abordées par plusieurs auteurs scientifiques selon diverses approches scientifiques telles que : Idrissa et al., 2023, Ousseini et al., 2024, Moussa et al., 2022.

Il est important toutefois de retenir que beaucoup d'études faites sur la zone ont été menées suivant une approche classique celle qui consiste à caractériser et décrire la végétation de la région. Malgré l'avancée technologique de l'utilisation des données d'observation de la terre par imagerie satellitaire pour l'étude du paysage et des forêts ces dernières années, le Niger semble pris du retard sur le scénario de la dynamique spatiale et temporelle d'occupation du sol en utilisant les outils technologiques et plus particulièrement dans la partie Nord de Maradi (pôle d'élevage par excellence). Les changements locaux sont brusques et importants, tandis que les structures paysagères environnantes évoluent lentement à l'échelle régionale (Tchibozo, 2020). Le déboisement induit un changement de l'occupation des sols, une transformation des écosystèmes naturels et par conséquent une perte potentielle du capital productif naturel. Il entraîne également une fragmentation des écosystèmes, la perte de connectivité et l'isolement des habitats naturels par les cultures et les infrastructures, limitant la satisfaction des besoins vitaux de la faune et la flore en termes de déplacements et de dispersion et participe ainsi à l'érosion de la biodiversité et à la dégradation des habitats naturels concernés (Alohou et al., 2016). Des études dans un milieu à la fois agricole et pastorale où la concurrence sur l'utilisation des espaces est l'élément fondamental devient plus que nécessaire pour comprendre comment est-ce que la pression démographique influence les modes d'occupation des terres. Le Département de Dakoro dans lequel se situe

la commune d'étude est le plus peuplé avec 19 % de la population totale de la Région de Maradi. Ses principales activités sont l'agriculture et l'élevage. Ces deux (2) activités économiques reposent sur une exploitation de type extensive des espaces fonciers et des ressources naturelles. A ce caractère extensif des systèmes de production agro-pastoraux s'ajoute une importante croissance démographique qui augmente la pression sur les ressources naturelles avec comme conséquences une accélération de leur dégradation et une exacerbation des conflits entre les différents utilisateurs (Schéma Aménagement Foncier, 2020).

Dans les zones agro-pastorales de la partie Nord de Maradi notamment la commune de Korahane, les principales sources de pâturage pendant la saison de pluie sont les formations naturelles forestières et aires de pâturages ou enclaves pastorales qui sont des espaces naturels délimités dans les zones de culture dans le but de stabiliser les animaux et éviter leurs divagations précoces dans les champs. Ces ressources fourragères qui sont la végétation herbacée parsemée des espèces ligneuses (arbre et arbuste) telles que *Boscia senegalensis*, *Combretum glutinosom*, *Acacia radianna* entre autres constituent la source d'alimentation des bétails en attendant la période de libération des champs pour profiter des résidus des cultures. Malheureusement, ces parcours naturels connaissent une dégradation à cause surtout des effets conjugués de plusieurs facteurs notamment les sécheresses récurrentes, la déforestation, le surpâturage, la mauvaise organisation et gestion de l'espace pastoral par les utilisateurs etc. Or, on sait aussi que les populations rurales du Niger et particulièrement les groupes pastoraux sont tributaires des ressources naturelles pour satisfaire leurs besoins fondamentaux (Zakary, 2010). Sachant que, le département de Dakoro constitue la localité du Niger où la croissance démographique est la plus élevée. Cette croissance rapide de la population, combinée aux effets néfastes du changement climatique sur les ressources naturelles, expose le département au phénomène de la dégradation des terres qui se caractérise par une détérioration de la couverture végétale, une diminution de la diversité floristique et un appauvrissement des sols (Adama et al., 2020). Les questions qu'on doit se poser comment est-ce que ces facteurs impacts positivement ou négativement l'organisation spatiale du paysage au niveau de la commune de Korahane ? Quelles sont les transitions écologiques qui se sont opérées au sein de l'écosystème de cette société agropastorale au cours de trente-deux (32) dernières années ? Pour faire face à ces multiples défis, l'adoption de nouvelles stratégies et itinéraires techniques innovantes, et l'utilisation des données satellitaires issues des plateformes d'observation de la terre dans le suivi des écosystèmes apparaissent importantes.

De façon générale, les modifications physiques de ces écosystèmes naturelles peuvent être identifiées à plus de précision à une échelle locale

notamment à l'échelle d'une commune grâce au développement de nouveaux outils de suivi et surveillance des conditions environnementales. L'avancée de la télédétection avec la diversification des capteurs et la finesse de la résolution spatiale a permis aux chercheurs de localiser et d'identifier les changements majeurs ou conversion des terres intervenus au cours des trois derniers siècles (Tine et al., 2020).

Une analyse de la dynamique spatiale et temporelle grâce à la télédétection spatiale et au Système d'Information Géographique est nécessaire pour comprendre le changement spatio-temporel de l'écosystème agropastoral de la commune dans une perspective de planification, d'aménagement et de gestion du terroir.

L'objectif de cette étude est d'évaluer la dynamique spatio-temporelle d'occupation des sols dans la zone agropastorale de la commune de Korahane durant le trente-deux (32) dernières années afin d'estimer le niveau de la dégradation des parcours pastoraux dans la zone.

Méthodologie

Site d'étude

L'étude est conduite dans la commune rurale de Korahane notamment dans la partie Nord agropastorale. La commune est géographiquement positionnée sur le 14°24'44'' et 14°41'20'' de latitude Nord ; 6°30'09'' et 6°40'18'' de longitude Est et est située dans le département de Dakoro, région de Maradi (Figure 1). Le climat de la zone est de type sahélien-saharien (Schéma Aménagement Foncier, 2020) avec trois (3) mois de pluies de juillet en septembre et neuf (9) mois de saison sèche d'octobre à juin. La température min selon les données de 2015 est 17,8°C et 39,4°C de température max avec un vent sec. La pluviométrie a varié de 250 à 450 mm/an avec une durée moyenne des précipitations de 4 mois sur 20 à 35 jours de pluies par an. La végétation dominée par la steppe arborée/arbustive constitue principalement la végétation de vallée et des parcours naturels. Elle est constituée de formations forestières, des parcours pastoraux et des parcs agroforestiers (SAF, 2020).

Du point de vue facies, la commune est composée des plaines, des quelques dunes et de la vallée de Tarka qui traverse la commune d'Est en Ouest sur une dizaine de km. Le sol est de type ferrugineux tropicaux sablonneux ou « jigawa ». Il existe aussi des sols plus ou moins hydromorphes présents dans la vallée de la Tarka, dans les bas-fonds et autour des mares.

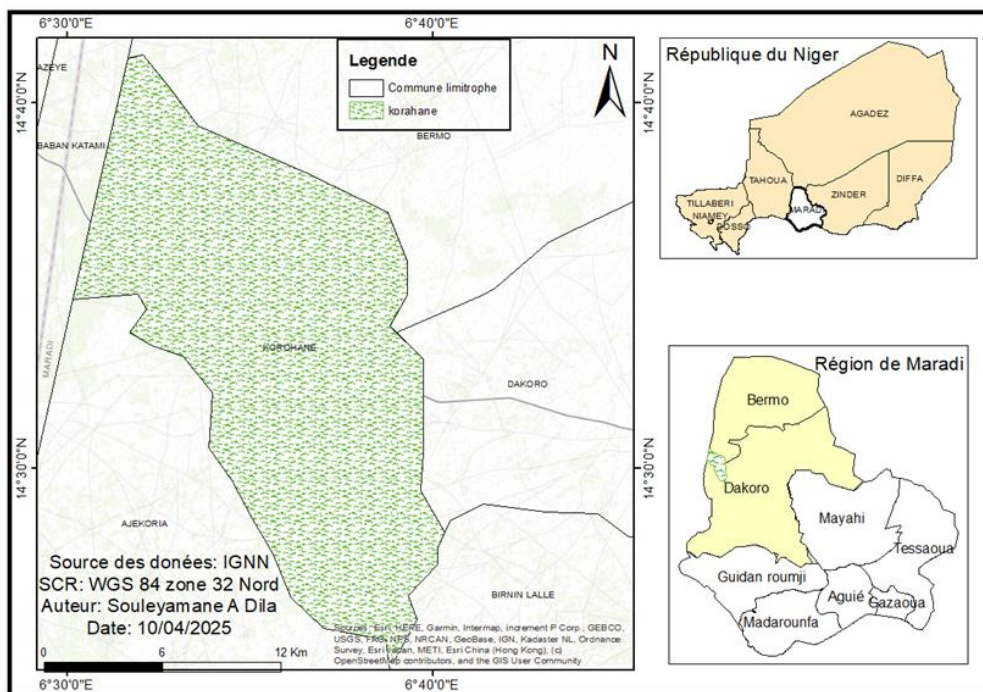


Figure 1 : Carte de localisation de la commune de Korahane, département de Dakoro, région de Maradi

La planche suivante illustre en image le mouvement des animaux en pasture pendant la saison hivernale au sein de l'enclave pastorale de Gountoun Matsa de la commune rurale de Korahane.



Planche 1 : Les animaux en pâture (a) dans l'enclave pastorale de Korahane (b) durant la saison pluvieuse, 18 septembre 2023

Choix et acquisition des images satellitaires

Les images satellitaires ont été acquises avec le programme Landsat, en libre accès, avec plus ou moins dix (10) ans d'intervalle. Les données utilisées concernent respectivement les images Landsat 5 TM de 1990, Landsat 7 ETM+ 2000, Landsat 8 OLI /TIRS 2015 et Landsat 9 OLI 2022. Ce

programme a été choisi pour trois principales raisons : i) c'est le plus ancien programme d'observation de la terre lancé depuis 1972 permettant ainsi d'avoir des images Landsat archivées sur de longue période (32 ans) ; ii) la qualité des images Landsat notamment une haute résolution spatiale (30 m) et temporelle (16 jours) et iii) l'accessibilité des images Landsat qui sont disponibles gratuitement au public sur la plateforme web du USGS (United State Geographical Survey). Les images (tableau 1) ont été choisies sur la base de leur disponibilité au niveau du site, de leur qualité face à des perturbations atmosphérique. Ces dernières ont été acquises entre septembre et décembre de la saison sèche pour favoriser la discrimination des objets à la surface de la terre. Le choix des dates est basé sur des événements climatiques (retour de pluie vers la fin de la période 1990 et l'intensification des actions de restauration de terres vers la période 2000). Ces images multispectrales sont acquises avec le système de coordonnées UTM zone 32 Nord WGS 84 (World Geodesic System). La multiplication des capteurs augmente la densité et la diversité des informations acquises depuis l'espace. L'enjeu est alors d'exploiter cet ensemble au mieux pour une surveillance précise au meilleur coût, alimentant des systèmes d'alerte précoce qui seuls intéressent vraiment les gestionnaires des territoires concernés (Comité Scientifique Français de la Désertification, 2005). L'avantage de l'utilisation des satellites Landsat avec des capteurs différents est que ces derniers (TM, ETM+, OLI) ont la même résolution spatiale et temporelle ainsi que la même fauché.

Tableau 1 : Caractéristiques des images utilisées

Données	Format	Résolution spatiale	Résolution temporelle	Capteur	Date d'acquisition des images	Path and row
Landsat 5 TM	Raster	30 m	16 jours	TM	23/09/1990	190/50
Landsat 7 ETM+				ETM+	28/10/2000	
Landsat 8 OLI/TIRS				OLI /TIRS	17/12/2015	
Landsat 9 OLI 2				OLI	12/12/2022	

Source : USGS/Earthexplorer, 2025 adapté par Souleymane et al., 2025.

Prétraitement des données

Les prétraitements d'images sont un ensemble d'opérations qui ont pour but d'augmenter la lisibilité des données pour faciliter leur interprétation. Ils se résument dans cette étude au mosaïquage, à l'amélioration des contrastes des images et à l'extraction de la zone d'étude (Konan et al., 2021). Le prétraitement des images a consisté aux corrections radiométriques et atmosphériques des images (Dupuy, 2021). Cela a permis de corriger les irrégularités du capteur, les bruits dus au capteur ou à l'atmosphère et la

conversion des données afin qu'elles puissent représenter précisément le rayonnement réfléchi ou émis mesuré par le capteur. Ces différentes opérations ont été réalisées afin de détecter les changements dans la zone d'étude à partir de ces images de différentes époques. Ainsi, tous les objets noirs qui se trouvaient sur les images ont été soustraits, suivis de la calibration radiométrique des images (Alassane et al., 2023).

Traitement des images

Deux méthodes de classification ont été utilisées. Il s'agit de la classification supervisée en utilisant l'algorithme de maximum par vraisemblance (Singh, 1989). Il calcule une fonction de probabilité multidimensionnelle pour déterminer la probabilité de chaque pixel d'appartenir à l'une des catégories correspondantes aux signatures spectrales (Benkouider et al., 2012) ; (Abdel-Kawy et al., 2011). Une interprétation visuelle des images guidée par la typologie de terrain a été effectuée pour corriger les résultats de la classification par maximum de vraisemblance : la carte des paysages et des milieux naturels résulte donc d'une alliance entre classification assistée par ordinateur et expertise humaine (Comité Scientifique Français de la Désertification, 2005).

Les rendus obtenus ont été soumis à l'examen par la méthode d'interprétation visuelle afin d'apporter d'éventuelle correction d'apparence des classes (Kpedenou et al., 2017). La composition colorée fausse couleur couplée avec des observations et prises des coordonnées GPS sur le terrain ont permis de valider la classification des images et caractériser les principales unités discriminées par leur signature spectrale.

L'analyse et l'interprétation des images ont permis d'identifier six (6) principales classes d'occupation du sol au niveau de la commune à savoir la culture, l'eau, le sol nu, les bâtis et les steppes arborées et arbustives. Ces dernières classes sont considérées comme les zones de parcours dans le cadre de cette étude. Ces différentes classes d'occupation du sol sont présentées conformément à l'atlas des cartes d'occupation du sol de l'Observatoire de Sahara et du Sahel (OSS, 2015).

La cartographie de la dynamique de l'occupation du sol est ainsi réalisée à partir de la vectorisation des résultats de la classification des images (raster). La dynamique spatiale est mesurée à partir de l'appréciation de l'évolution des états de surface fondée sur la comparaison des valeurs de superficie des différentes unités d'occupation du sol entre les périodes d'étude (Oloukoï et al., 2006).

La statistique globale (Taux Global TG) de l'évolution de l'occupation du sol a été calculée en utilisant l'équation 1 proposée par Fund Agriculture Organisation (1996). Ainsi, le taux correspondant à la dynamique de chaque unité d'occupation du sol a été calculé selon la formule suivante :

$$Tg = (S2-S1)/S1 \times 100 \quad (1)$$

Tg : Taux global de croissance ;

S1 : la surface d'une classe d'unité de surface à la date t1 ;

S2 : la superficie de la même classe d'unité de surface à la date t2.

Les données issues des résultats du calcul du taux d'évolution de l'occupation du sol seront précédées des signes moins (-) ou plus (+) pour exprimer respectivement soit une dynamique régressive ou une dynamique progressive.

Les matrices de transition pour les périodes

1990-2000, 2000-2015, 2015-2022 et 1990-2022 ont été utilisées pour obtenir la probabilité de changement (Padonou et al., 2017). Un tableau à double entrée qui permet de décrire de manière condensée les changements d'état des classes (unités) d'occupation des terres (sol) intervenus entre deux dates (Schlaepfer, 2002) est ainsi établi.

Outils et matériels

Une matrice de transition écologique correspondante aux quatre (4) périodes de l'étude (1990-2000, 2000-2015, 2015-2022 et 1990-2022) a été réalisée à partir des cartes d'occupation. Des outils tels que le logiciel ArcMap 10.8, la commande intersect accompagnée du tableur Excel ont été utilisés pour traiter les images à hautes résolutions spatiales et détecter le changement d'affectation des terres. La détection du changement se fait au moyen de la commande intersect du logiciel ArcMap 10.8 en intégrant les cartes d'occupation du sol préalablement produites. Le tableur Excel a servi de classement des superficies et autres calculs. Les données quantitatives en hectare issus de la matrice de transition traduisent les quantités de surface qui ont été transformées ou restées stables d'une année à une autre. La grille d'évaluation du changement des classes d'occupation du sol (tableau 2 et tableau 3) développée en 2017 par la Communauté de l'Organisation de Recherche Scientifique et Industrielle (en anglais CSIRO) et la Convention Cadre des Nations Unies sur le Désertification (UNCCD) sert à déterminer la nature du passage ou de conversion d'une classe d'occupation à une autre au cours d'une période donnée. C'est-à-dire s'il y a amélioration, dégradation ou stabilité sur une superficie donnée d'une classe d'occupation du sol. Par analogie, la couleur jaune symbolise la stabilité, le rouge la dégradation et l'amélioration la couleur verte.

Tableau 2 : Grille globale d'évaluation du changement d'unité d'occupation du sol (matrice de transition)

IPPC class	Forêt	Steppe	Culture	Zone humide	Bâti	Autres terres
Forêt	Stable	Perte de végétation	Déforestation	Inondation	Déforestation	Perte de végétation
Steppe	Afforestation	Stable	Expansion de culture	Inondation	Expansion Urban	Perte de végétation
Culture	Afforestation	Retrait de culture	Stable	Inondation	Expansion Urban	Perte de végétation
Zone humide	Woody encroachment	Drainage de zone humide	Drainage de zone humide	Stable	Drainage de zone humide	Drainage de zone humide
Bâti	Afforestation	Re-végétalisation	Expansion de culture	Établissement de zone humide	Stable	Retrait des habitations
Autres terre	Afforestation	Re-végétalisation	Expansion de culture	Retour de zone humide	Expansion Urban	Stable

NB : autres terres renvoient à tout ce qui est sol nu, terrain rocheux, glacis etc

Source : Guides de bonne pratiques SDG 15.3.1 (2017).

Adapté à l'étude par Souleymane et al., 2025

Tableau 3 : interprétation de la Grille d'évaluation du changement d'unité d'occupation du sol (matrice de transition)

Classe d'occupation du sol	Dégradation
Déforestation	Oui
Expansion urbaine	Oui
Retrait de culture	Non
Établissement de zone humide	Non
Afforestation	Non
Drainage de zone humide	Oui
Bâtis	Oui
Perte de Végétation	Oui
Inondation	Oui
Culture	Oui
Stable	Non
Re-végétalisation	Non
Expansion agricole	Non

Source : Guide de bonne pratique SDG 15.3.1 (2017)

adapté à l'étude par Souleymane et al., 2025

Résultats

États d'occupation du sol des années 1990, 2000, 2015 et 2022

La figure 2 présente les cartes d'occupation du sol respectivement de 1990 et 2000 ainsi que la statistique en hectare et en pourcentage pour chaque classe d'occupation du sol. En effet, en 1990, on constate que le paysage est largement dominé par la steppe arbustive et arborée avec respectivement 18 285 ha (65,49 %) et 7 005,5 ha (25,09 %) qui peuvent être des formations

naturelles de la commune. Ensuite s'en est suivi par les surfaces occupées par les cultures, sol nu, bâti et eau avec respectivement 2 468,92 ha (8,84 %), 141,44 ha (0,51 %), 20,05 ha (0,07) et 1,28 ha. Après une décennie, c'est à dire en 2000, la zone de culture occupe 12 020,70 ha (43,05 %) de la superficie totale de la commune. Tandis que, pour les formations naturelles qui sont la steppe arbustive et arborée, le sol nu et l'eau, on remarque que leurs superficies occupées étaient de 10 443,40 ha (37,4 %) pour la steppe arbustive, 5 369,44 ha (19,23 %) pour la steppe arborée, 63,70 ha (0,23 %) pour le sol nu et 0,46 ha pour l'eau. Pour les bâtis, sa superficie est évaluée à 22,91 ha (0,08 %) au cours de la période 2000.

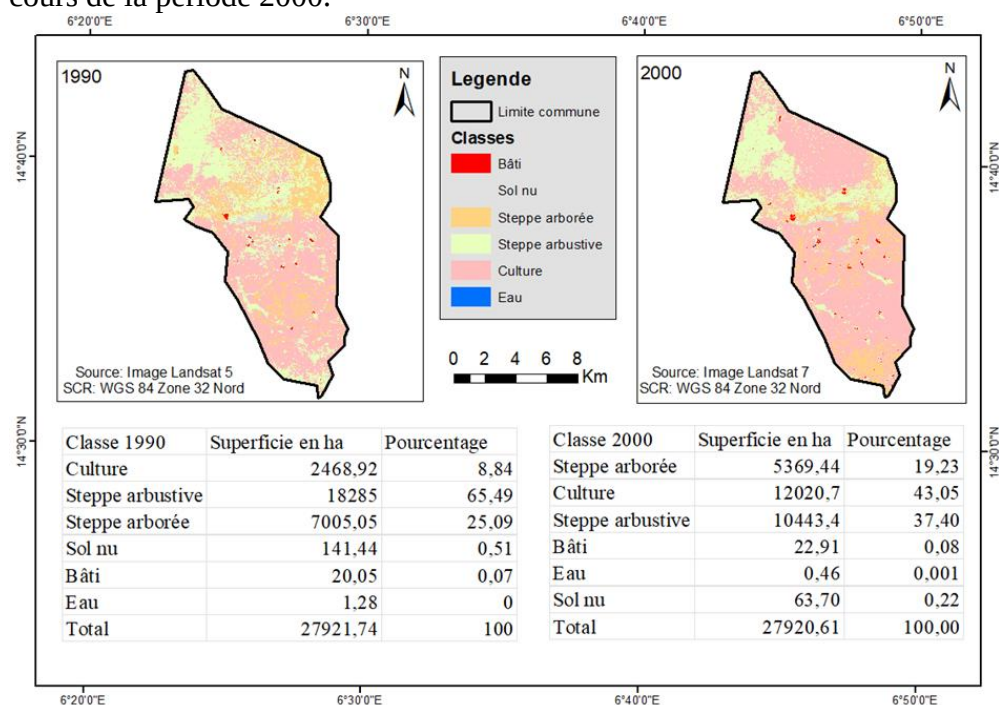


Figure 2 : Situation de l'occupation du sol de 1990 à 2000 (Souleymane, 2023)

L'analyse de l'état d'occupation du sol en 2015 a ressorti que 13 992,50 ha (50,12 %) étaient occupés par les activités agricoles. Les formations naturelles que sont les steppes arbustives et arborées représentent respectivement 8 973,87 ha (32,14 %) et 4 610,27 ha (16,51 %). Pour le bâti, l'eau et le sol nu, on a respectivement 77,84 ha (0,28 %), 0,83 ha et 263,98 ha (0,95 %). En 2022, la superficie occupée par les zones de culture était de 17 849,60 (63,93 %) contre, 3 856,48 ha (13,81 %) et 5 896,47 ha (21,12 %) respectivement pour la steppe arborée et arbustive. Pour les bâtis, l'eau et le sol nu, ils étaient respectivement de 154,84 ha (0,55 %), 2,59 ha (0,01 %) et 160,18 ha (0,57 %).

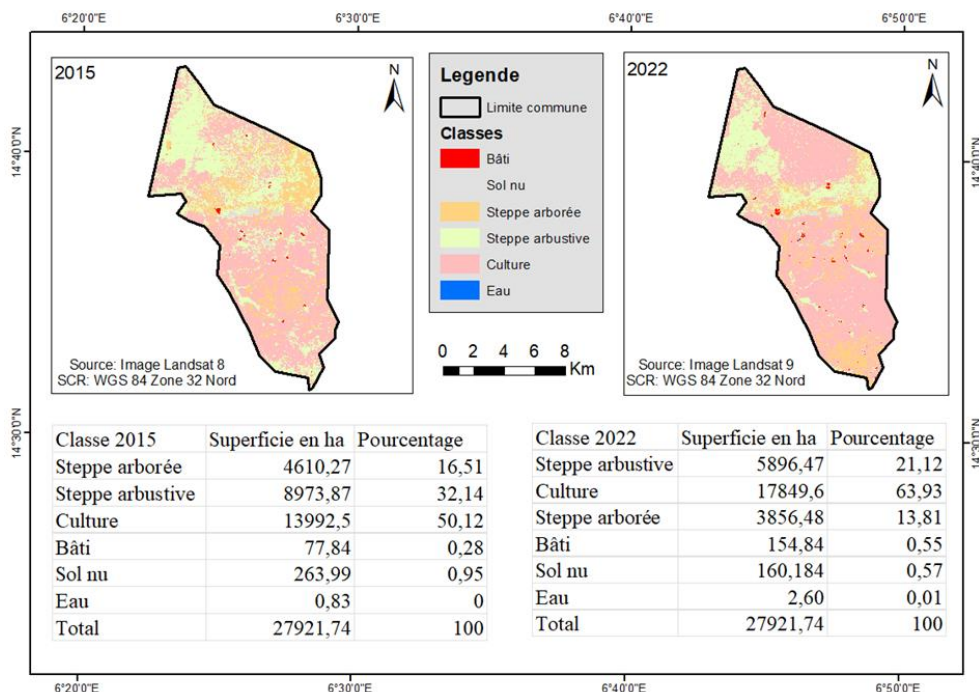


Figure 3 : Situation de l'occupation du sol de 2015 à 2022 (Souleymane, 2023)

Évolution spatio-temporelle des unités d'occupation du sol

L'analyse des résultats de l'évolution spatio-temporelle des unités écologiques du milieu montre que les zones de parcours, qui sont la steppe arborée et arbustive, ont suivi une régression de leur superficie passant respectivement de 25,09 % et 65,49 % en 1990 à 13,81 % et 21,11 % en 2022. Parallèlement, pour les surfaces de culture, les bâtis et le sol nu, on constate que ces trois (3) unités d'occupation du sol ont progressé passant pour les cultures de 8,84 % à 63,93 %, pour les bâtis de 0,07 % à 0,55 % et le sol nu de 0,51 % à 0,57 % de 1990 à 2022. Pour le sol nu on remarque une légère augmentation de 0,01 % en 2022.

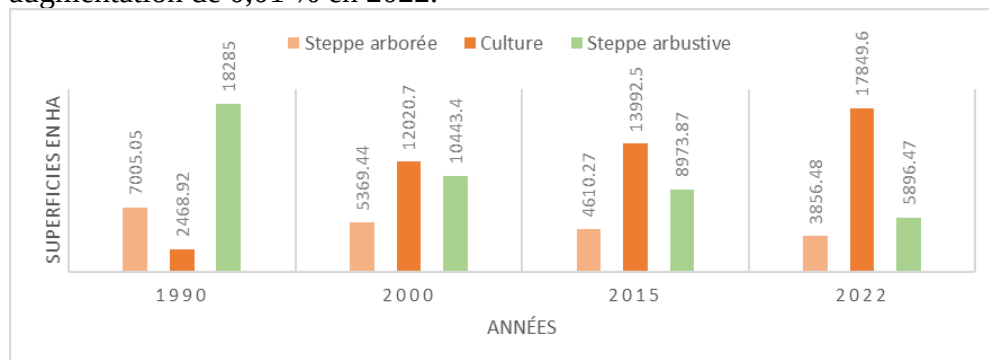


Figure 4.a : Évolution de steppe arborée, arbustive et culture de 1990 à 2022 (Souleymane, 2023).

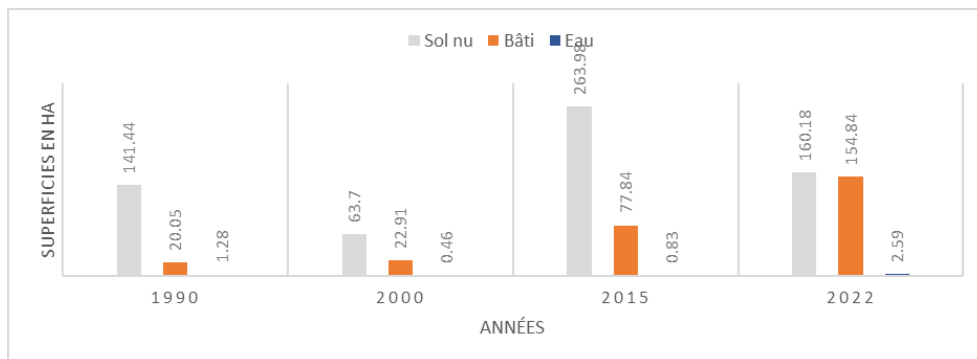


Figure 4.b : Évolution de sol nu, bâti et eau de 1990 à 2022 (Souleymane, 2023).

Les figures qui précèdent traduisent de façon graphique comment les différentes classes d'occupation du sol évoluent d'une année à une autre de 1990 à 2022.

Le tableau 4 montre le taux d'évolution spatio-temporelle des classes d'occupation du sol durant quatre périodes mentionnées au niveau de la commune de Korahane. En effet, de 1990 à 2022, on constate une régression du couvert végétal naturel qui sont la steppe arborée et la steppe arbustive avec un taux de - 11,28 % pour la steppe arborée et - 44,37 % pour la steppe arbustive. Tandis que pour la surface cultivée, le sol nu, les bâtis et l'eau, on constate une progression respective de 55,09 % ; 0,06 % ; 0,48 % et 0,01 %.

Tableau 4 : Taux d'évolution des classes d'occupation du sol

Classes	1990-2000	2000-2015	2015-2022	1990-2022	Nature
Steppe arborée	-5,86	-2,72	-2,7	-11,28	Régression
Sol nu	- 0,28	0,72	-0,38	0,06	Progression
Culture	34,21	7,07	13,81	55 ,09	Progression
Steppe arbustive	-28,09	-5,26	-11,02	-44,37	Régression
Bâti	0,01	0,2	0,27	0,48	Progression
Eau	0	0	0,01	0,01	Progression

Source : Résultats de la matrice de transition de 1990 à 2022 (Souleymane, 2023)

Mutations écologiques et nature du changement des classes d'occupation du sol de 1990 à 2022

La grille d'évaluation (tableau 5) du changement d'unité d'occupation du sol a servi d'évaluer et de donner la nature du changement d'état des différentes classes d'occupation du sol entre deux années successives. Ce changement peut être une amélioration (+), une dégradation (-) ou une stabilité (0) en fonction du changement d'état d'une classe d'occupation du sol à une autre. Les différents tableaux qui suivent nous traduisent les résultats de la transition écologique des différentes unités d'occupations du sol sur la série temporelle de 1990 (année de référence) à 2022 (année de surveillance).

Tableau 5 : Évaluation du changement des classes d'occupation du sol

Transition	Culture	Bâti	Sol nu	Eau	Steppe arborée	Steppe arbustive
Culture	0	-	-	+	+	+
Bâti	+	0	+	+	+	+
Sol nu	+	-	0	+	+	+
Eau	-	-	-	0	+	+
Steppe arborée	-	-	-	-	0	-
Steppe arbustive	-	-	-	-	-	0

0= stabilité, - = dégradation et + = amélioration

Source : Souleymane, 2023

Les résultats (Tableau 5) de la matrice de transition des unités écologiques d'occupation du sol ont montré que de 1990 à 2000, 12 278,48 ha de la superficie de la commune ont été restés stable alors que, 2 202,28 ha ont suivi une transformation traduite sous forme d'amélioration ou de progression. Le reste de la superficie totale de la commune a été dégradé à hauteur de 13 423,21 ha de 1990 à 2000.

Tableau 6 : Matrice de transition de l'occupation du sol entre 1990 et 2000 (en hectare)

		Année de surveillance 2000					
Année de référence 1990	Classe	Culture	Bâti	Sol nu	Eau	Steppe arborée	Steppe arbustive
	Culture	1 772,53	0,06	0,26	0	391,11	303,78
	Bâti	2,39	5,03	0,09	0	6,62	5,92
	Sol nu	16,80	7,28	14,49	0,12	77,01	25,74
	Eau	0	0	0	0,25	1,03	0
	Steppe arborée	3 841,60	1,02	29,37	0,09	1 756,31	1 371,67
	Steppe arbustive	6 381,31	9,53	19,46	0	3 133,23	8 729,87

Source : Souleymane, 2023

De 2000 à 2015 (Tableau 6) on remarque que 6 015 ha en terre de la commune semblent améliorés leur productivité contre 8 155,49 ha en terre de la commune qui ont été dégradés. Pour le reste de la superficie en terre de la commune, 1 373,45 ha de terre ont été évalués comme étant restés stables ou inchangés au cours de cette même période.

Tableau 7 : Matrice de transition en hectare de l'occupation du sol entre 2000 et 2015

		Année de surveillance 2015					
Année de référence 2000	Classe	Culture	Bâti	Sol nu	Eau	Steppe arborée	Steppe arbustive
	Culture	7 583,96	8,83	34,53	0	1 789,36	2 597,34
	Bâti	0,13	13,93	0,90	0	2,97	4,98
	Sol nu	1,37	0,85	48,06	0	2,24	11,07
	Eau	0,01	0,18	0,12	0	0	0,14
	Steppe arborée	2 285,51	34,29	103,89	0,83	1 335,61	1 604,50
	Steppe arbustive	4 112,51	19,76	76,42	0	1 477,76	4 749,89

Source : Souleymane, 2023

De la période 2015 à 2022, on remarque sur le tableau ci-dessous, 3 071,62 ha de superficie totale de la commune ont été améliorés contre 8 445,02 ha de superficie qui ont été dégradés. Les restes de la superficie de la commune qui représentent 1 6385,21 ha en terre constituent une portion de l'espaces de la commune qui ont été restés stable ou inchangés le long de cette période.

Tableau 8 : Matrice de transition en hectare de l'occupation du sol entre 2015 et 2022

		Année de surveillance 2022					
Année de référence 2015	Classe	Culture	Bâti	Sol nu	Eau	Steppe arborée	Steppe arbustive
	Culture	1 1059,32	5,29	1,72	0	1 967,60	949,31
	Bâti	9,90	49,45	6,79	1,54	7,30	2,86
	Sol nu	6,48	17,58	120,04	0	83,29	36,55
	Eau	0,15	0	0	0,68	0	0
	Steppe arborée	2 494,53	36,06	15,64	0,18	1 157,12	904,80
	Steppe arbustive	4 267,78	46,37	15,91	0,19	638,82	3 998,60

Source : Souleymane, 2023

Globalement l'analyse de la matrice de transition écologique sur des unités d'occupation du sol de la série temporelle de 1990 à 2022 (tableau 8), a montré que, 1 7940,25 ha des terres ont été dégradés contre 639,52 ha de terres qui ont été transformés sous forme d'amélioration. Les restes de terres à savoir 9 325,27 ha constituent la superficie de terres qui ont été restés stable au cours de trente-deux (32) dernières années.

Tableau 9 : matrice de transition en hectare de l'occupation du sol entre 1990 et 2022

		Année de surveillance 2022					
Année de référence 1990	Classe	Culture	Bâti	Sol nu	Eau	Steppe arborée	Steppe arbustive
	Culture	2 122,68	3,59	0,16	0	206,44	134,87
	Bâti	4,69	9,74	1,43	0	3,50	0,70
	Sol nu	4,27	8,03	74,97	0,06	45,09	9,02
	Eau	0,68	0,01	0	0,40	0,19	0
	Steppe arborée	5 084,34	50,00	41,52	2,07	1 595,78	226,26
	Steppe arbustive	1 0621,42	83,36	42,11	0,06	2 002,90	5 521,70

Source : Souleymane, 2023

Les résultats obtenus à l'issus de cette étude montrent que la dynamique spatio-temporelle des unités écologiques d'occupation du sol à travers les images satellitaires offre une nouvelle possibilité d'analyse et de compréhension des changements enduis au sein du paysages dans l'espace et dans le temps.

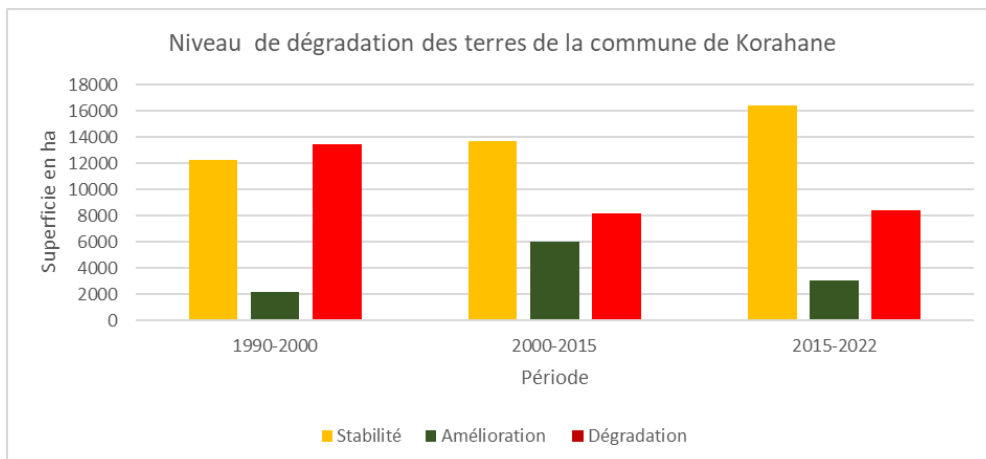


Figure 5 : Estimation du niveau de dégradation des terres de la commune de Korahane de 1990 à 2022 basée sur la matrice de transition écologique (Souleymane, 2023).

L'analyse de la figure 5 fait ressortir l'état ou le statut des terres de la commune de Korahane au cours de trois (3) périodes à savoir de 1990-2000, 2000-2015 et 2015-2022. En effet, l'analyse comparative de ces trois (3) périodes montrent le niveau de dégradation des terres de la commune qui va de plus 14 000 ha de 1990-2000 à plus de 8 000 ha de 2015-2022.

Tandis qu'une stabilité progressive de l'état des terres de la commune a été observée au cours de ces trois périodes allant de plus de 12 000 ha à plus de 16 000 ha des terres qui ont été restés inchangés. Pour ce qui est de l'amélioration, on constate au cours de cette période une amélioration plus ou moins importante qui va de plus de 2 000 à 3 000 avec une bonne amélioration observée au courant de la période 2000-2015.

Discussion

L'étude des changements d'occupation et d'usage des sols et leurs interactions avec les sociétés humaines et leurs territoires constitue un enjeu majeur pour la communauté scientifique dans un contexte de changement global. Cette étude a tenté de comprendre la dynamique du changement d'occupation du sol dans un milieu agropastorale. En effet, sur les six (6) unités d'occupation des sols identifiées et retenues au niveau de la commune, la classe champs de culture, bâtis et le sol nu constituent les principales classes d'occupation du sol qui ont suivi une progression au sein du paysage.

Les classes champs de culture, bâtis et le sol nu) ont respectivement passées de 8,84 % ; 0,07 % et 0,51 % en 1990 à 63,93 % ; 0,55 % et 0,57 % en 2022. Cette expansion de ces unités d'occupation des sols peut être liée à la croissance rapide de la population de la région passant de 3 365 969 en 2012 à 4 340 983 hbts en 2018 soit une augmentation de 28,96 % en 6 ans (SAF, 2020). Beaucoup d'études ont montré que la croissance de la population a un

impact direct sur l'expansion des surfaces cultivable et de même sur l'augmentation des habitations. Cette conquête des terres de culture pour nourrir une population en croissance est très souvent faite au détriment des formations naturelles. En zone sahélienne, ces modifications touchent tout particulièrement les parcours pastoraux (Sylla et al.,2019).

En ce qui concerne les formations naturelles steppiques arborées et arbustives, les résultats de l'analyse ont montré une diminution contrairement aux autres unités. Ainsi la superficie de la steppe arborée a passé de 25,09 % en 1990 contre 13, 81 % en 2022 tandis que pour la steppe arbustive, la superficie a passé de 65,49 % en 1990 contre 21,11 % en 2022. Ces phénomènes s'expliquent par l'augmentation de la population est les impacts qu'ils enduisent sur les formations naturelles. Le rapprochement des variables démographiques et économiques met aussi en évidence un déséquilibre entre les besoins des populations et les ressources disponibles (Onibon, 1999).

Dans la région de Maradi, le seuil de saturation foncière est presque atteint et les taux d'occupation des terres par l'agriculture varient de 25,61 à 56,42 % ; ce qui induit des impacts notables sur les ressources foncières. Des résultats similaires ont été trouvés dans le SAF, 2020 qui indique une augmentation des superficies emblavées de 844 136 ha à 1 476 358 ha de 1997 à 2017, soit une augmentation 75 % en 20 ans plus que la superficie cultivable de la région. Ce qui laisse croire à une extension des superficies cultivées sur des espaces forestiers et pastoraux. Dans la même région, en allant vers le Nord, les superficies des exploitations agricoles des ménages passent de 2 ha à 8,66 ha (Direction de Surveillance/Ministère de l'Agriculture et d'Élevage, 2017). Par ailleurs, l'augmentation des sols nus durant les trois décennies pourrait être les conséquences des mauvaises pratiques agricoles, le surpâturages et l'installation des campements par des éleveurs nomades et transhumants dans les enclaves pastorales. Les superficies du paysage qui ont suivi une amélioration de 2,28 % durant les trois décennies peuvent être liées aux efforts d'aménagement et de restauration des espaces pastoraux consentis par les ONG en collaboration avec les services techniques de l'élevage et de l'environnement.

Le calcul du taux d'évolution des différentes classes d'occupation du sol sur la série temporelle de 1990 à 2022 a fait ressortir que la classe culture, bâti, sol nu et eau ont augmenté de superficie. Cette augmentation est de 55,09 % pour les cultures, 0,48 % pour les bâtis 0,06 % pour le sol nu et 0,01 % pour l'eau. Contrairement pour les formations steppiques, on constate que 11,28 % et 44,37 % de superficies de steppes arborées et arbustives ont été respectivement diminuées de 1990 à 2022. La région a atteint un taux de saturation foncière qui fait que le morcellement des exploitations agricoles (2 ha à 0.4 ha) se poursuit et que en 2015, la superficie cultivée (3 341 900 ha) a dépassé d'environ 35 % la superficie cultivable de la région (2 476 680 ha)

(SAP, 2020). Ce qui laisse plus croire une pression sans précédente sur des espaces réservées aux pâturages. Il est tout à fait logique que les besoins grandissants en terres cultivables se soldent par une extension et par un accaparement des terres autrefois dédiées à l'élevage (Oumar et al., 2018). Ce qui traduit en toute évidence la dynamique régressive durant les trois (3) décennies des unités écologiques steppiques arborées et arbustives qui constituent les formations forestières et parcours naturels. Les terres de pâturages et les parcours qui sont constituées de savanes, de steppes et de cordons rupicoles ont connu d'importants bouleversements faisant passer leur superficie de 411 372 km² en 1975 à 349 328 km² en 2013, soit une perte de 15 %. Au cours de la même période, les superficies agricoles ont doublé passant de 64 848 à 125 672 km², soit une augmentation annuelle de 1 600 km² de terres agricoles (Idrissa et al., 2021).

En plus, en tenant compte de l'irrégularité et la mauvaise répartition de pluie liées à la variabilités climatiques et aux facteurs édaphiques notamment type du substrat, on peut comprendre une dégradation des terres qui n'arrivent plus à produire pour couvrir les besoins de population en croissance et les fortes chaleurs ses dernières années provoque une évaporation des eaux du sol favorisant ainsi le stress hydrique voire la sécheresse.

L'analyse et l'interprétation de la matrice de transition de unités écologiques montrent le changement d'état d'une classe d'occupation du sol à une autre au cours d'une période. Ce changement est évalué grâce à la grille d'évaluation de la matrice de transition développée en 2017 par la Communauté de l'Organisation de Recherche Scientifique et Industrielle (en anglais CSIRO) et la Convention Cadre des Nations Unies sur le Désertification (UNCCD). Cette évaluation a permis de savoir si une unité a suivi une dégradation, amélioration ou stabilité d'une année à une autre. En effet, de 1990 à 2022, 17 940,25 ha des terres ont été dégradés contre 639,52 ha de terres qui ont été transformés sous forme d'amélioration. Les restes de terres à savoir 9 325,27 ha constituent la superficie de terres qui ont était restés stable au cours de cette période de 1990 à 2022. Ces résultats corroborent avec les travaux de Bachir et al. (2023) qui ont montré que les zones dégradées, qui couvrent 8 277 945 ha (7 %) sont plus concentrées dans la partie sud du pays. Cela s'explique du fait qu'elle abrite plus de 70 % de la population nigérienne (Institut National de Statistique, 2020).

Cette situation s'accompagne par la conversion des unités steppiques arborées/arbustives en zone de culture, les bâtis et le sol nu comme le montre la matrice de transition écologique des unités d'occupation du sol (Tableau 8). Ces résultats corroborent aussi à ceux obtenus par (Karim et al., 2018), (Ichaou et al., 2000) dans la commune de Gabi (Niger) ; (Sawadago et al., 2008) dans

Yatenga (Burkina Faso) ; et (Bamba, 2010) dans la république démocratique du Congo.

L'utilisation des nouveaux outils d'observation de la terre à partir de l'espace (télédétection et SIG) par plusieurs auteurs scientifiques ((Tchibozo, 2020), (Abdou et al., 2019) ; (Tine, 2020)) et récemment (Bachir et al., 2023) ont démontré leur pertinence dans le cadre de la planification, l'aménagement et la gestion des ressources naturelles d'un terroir.

Conclusion

Cette étude, conduite dans la commune de Korahane, entre 1990 et 2022, a montré que les formations naturelles de la commune de Korahane (steppe arborée et arbustive) ont suivi une dynamique régressive de leur superficie respectivement de 11,28 % pour la steppe arborée et 44,37 % pour la steppe arbustive de 1990 à 2022.

Cette situation perturbe la capacité du sol à satisfaire le besoin croissant du cheptel en termes des ressources alimentaires au niveau de la zone. Par contre, les espaces de culture et les bâtis ont suivi une dynamique évolutive de 1990 à 2022 avec respectivement 55,09 % pour les cultures et 0,48 % pour les bâtis. Cette transformation du paysage pourrait être expliquée par le fort taux de croissance démographique au niveau du département. L'une des conséquences est l'augmentation des terres de culture au détriment des formations naturelles réservées exclusivement aux pâturages.

Les changements d'occupation du sol ont des conséquences majeures sur les moyens d'existences des communautés rurales. Ces changements sont principalement entraînés par divers facteurs à savoir : la croissance démographique qui a comme conséquence la transformation des espaces réservés aux pâturages en champs de cultures ou habitation. La colonisation des aires du pâturage par des espèces peu ou non appréciées par les animaux est aussi un autre facteur biologique de dégradation des parcours. D'autres facteurs physiques tels que l'insuffisance et la mauvaise répartition spatiale et temporelle de pluie crée des poches de sécheresse modifiant ainsi l'état du couvert du sol. Ces phénomènes peuvent entraîner la perte du potentiel biologique du sol. Les vagues de chaleurs extrêmes surtout ces dernières années peuvent agir en fonction de la nature du substrat pour provoquer une évaporation du stock d'eau au sol. L'érosion hydrique et la structure du sol quelque part peuvent perturber la capacité de rétention de l'eau au sol par ruissellement et infiltration de l'eau dans le sol. Ces différents phénomènes sont à l'origine de la dégradation physique et biologique des terres notamment dans un milieu aride.

Conflit d'intérêts : Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

Disponibilité des données : Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

Déclaration de financement : Nous remercions le Centre d'Excellence Régional sur la Production Pastorale (CERPP) de la Faculté d'Agronomie de l'Université Abdou Moumouni de Niamey pour le financement de notre travail.

References:

1. Ali, Idrissa., Amani, Abdou., Barmo, Soukaradji., Ibrahim, Biga et Ali Mahamane. (2023). Analyse spatiotemporelle de l'occupation du sol dans la commune de Kirtachi au sud-ouest du Niger. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 17(3): 1033-1047. ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631.
2. Alohou, EC., Ouinsavi, C., Sokpon, N. (2016). Fragmentation des écosystèmes forestiers : Définitions des concepts et évolution des méthodes d'évaluation. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 17(2): 474-486.
3. Abdel-Kawy, O. R., Rod J. K., Ismail H. A., Suliman A. S. (2011). Land use and land cover change detection in the western Nile delta of Egypt using remote sensing data. *Applied Geography*, 31, 2, pp. 483-494.
4. Adama, Ilboudo., Soungalo, Soulama., Edmond, Hien et Prosper, Zombre. (2020). Perceptions paysannes de la dégradation des ressources naturelles des bas-fonds en zone soudano-sahélienne : cas du sous bassin versant du Nakanbé-Dem au Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 14(3) : 883-895. ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631.
5. Benkouider, F., Hamami, L., Abdellaoui, A., Salmon M. (2012). Extraction de routes par classification supervisée et par réseaux de neurones artificiels à partir d'image SPOT : cas d'une ville oasienne (Algérie), *Revue Télédétection*, Editions des Archives Contemporaines / Editions scientifiques GB / Gordon and Breach Scientific Publishers 11, 1, pp. 237-249.
6. Bachir, Mourtala., El Aboudi, Ahmed., Garba, Amadou ; Assoumane, Garba., Maizama, Abdoulaye. (2023). Télédétection et SIG pour l'évaluation de l'état de dégradation et des opportunités de restauration des terres au Niger *J. Appl. Biosci.* Vol : 187. 16 pages.
7. Bamba, I. (2010). Anthropisation et dynamique spatio-temporelle de paysages forestiers en République Démocratique du Congo. [Thèse de doctorat, université libre de Bruxelles], Scientific Research an Academic Publisher, <https://www.scirp.org>.

8. Comité Scientifique Français de la Désertification. (2005). La télédétection : un outil pour le suivi et l'évaluation de la désertification (les dossiers thématiques du CSFD numéro 2). www.csf-desertification.org.
9. United Nations Convention to Combat Desertification /Science-Policy Interface. (2016). Land in Balance: Scientific Conceptual Framework for Land Degradation Neutrality.Science-Policy Brief 02-. <http://www.unccd.int/Lists/Site>.
10. Koffi, Djagnikpo, Kpedeno., Ousmane, Drabo., Awa, Pounyala, Ouoba., Dapola, Constant, E. Da., Thiou, Tanzidani, K. Tchamie. (2017). Analyse de l'occupation du sol pour le suivi de l'évolution du paysage du territoire ouatchi au sud-est Togo entre 1958 et 2015. pp.203-228. Hal-01701176.
11. Liniger, H.P., R. Mekdaschi Studer, C. Hauert and M. Gurtner. (2011). La pratique de la gestion durable des terres. Directives et bonnes pratiques en Afrique subsaharienne. TerrAfrica, Panorama mondial des approches et technologies de conservation (WOCAT) et Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).
12. Moussa, Abdou, Ousseini., Soumaila, Siddo, Ibrahim., Dan Guimbo, Iro., and Gama Dadi Hamza. (2024). Dynamique spatio-temporelle d'occupation du sol dans la commune de Simiri, ouest-Nigérien. *International Journal of Applied Research* ; 10(6) : 193-202. ISSN Print: 2394-7500.
13. Moussa, Abdou O., Saidou S., Dan Guimbo I. (2022). Dynamique spatio-temporelle de la dégradation des terres dans les communes rurales de Simiri et Tondikiwindi du département de Ouallam, région de Tillabéri (Niger). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 16(5): 2143-2157. DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v16i5.25>.
14. Observatoire de Sahara et du Sahel, Niger. (2015). Réalisation d'un inventaire pour identifier et collecter les données et les informations environnementales existantes ISBN :978-9973-856-93-7. <https://www.oss online.org>.
15. Onibon, P. (1999). Définition d'une politique et d'un programme d'actions pour la gestion de la transhumance « durable », dans le cadre de la lutte contre la désertification au Bénin. Mission, MEHU, Cotonou, Bénin. 65p.
16. Oumar, Marega., Catherine, Mering. (2018). Les agropasteurs sahéliens face aux changements sociaux environnementaux : nouveaux enjeux, nouveaux risques, nouveaux axes de transhumance. Dans *L'espace géographique* 2018/3 (Tome 47), pages 235 à 260 Éditions Belin DOI 10.3917/eg.473.0235.

17. Plan de Développement Régional, Maradi ([PDR] 2016-2020). Version Final, Juillet 2015, 131 pages. <http://news.aniamey.com/h/64814.html>.
18. Singh, A. (1989). Review article digital change detection techniques using remotely-sensed data, *International Journal of Remote Sensing*, 10 :6, pp. 989-1003.
19. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO) for the United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). (2017). Guide de bonne pratique sur SDG 15.3.1, 115 pages.
20. Daou, Ibrahim., Keita, Mahamadou, Moussa., Sidibé, Amadou., Angare, Habibatu., Keita, Issiaka & Coulibaly, Alou. (2023). Analyse diachronique d'images satellitaires Landsat et dynamique socioéconomique dans un contexte de pression anthropique et de variabilité climatique en milieu soudano sahélien : Cas de la Commune rurale de Nyamina, région de Koulikoro, Mali. *African Scientific Journal*, 564. DOI : <https://doi.org/10.5281/zenodo.7948388>.
21. Direction National de la Statistique. (2020). Ministère de l'Agriculture et de l'élevage du Niger. <https://inforural-niger.ne/document-tag/production-agricole>.
22. Dome, Tine., Mbagnick, Faye., Edmée, Mbaye, Diouf., Ababacar, Fall et Bineta Faye. (2020). Détection de changement d'occupation du sol et analyse de la dynamique des terres salées dans le Département de Foundiougne (Sénégal). *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)* www.iosrjen.org ISSN (e): 2250-3021, ISSN (p): 2278-8719 Vol. 10, Issue 4, ||Séries -I|| PP 18-31.
23. Dupuy, S. (2021). Travaux Pratiques : Initiation à la télédétection avec Orfeo ToolBox et QGIS. Document pour le Master Géomatique : UE « Traitement d'images, télédétection, satellite » 41 pages.
24. Elie, A. Padonoua., Anne, M. Lykkec., Yvonne, Bachmann., Rodrigue, Idohoue et Brice, Sinsin. (2017). Mapping changes in land use/land cover and prediction of future extension of bowé in Benin, West Africa. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.09.015>
25. Konan, Kouadio, Eugène., Amani, Konan., Romaric, Parfait. (2021). Apports des images Landsat à la dynamique de l'occupation du sol et à l'analyse des conflits d'usage dans le département de Dianra au nord de la Côte d'Ivoire.
26. Nschlaepfer, R. (2002). Analyse de la dynamique du paysage. Laboratoire de Gestion des Ecosystèmes (GECOS), *École polytechnique fédérale de Lausanne*, 10 p.

27. Oloukoi, J., Mama, V. J., et Agbo, B. F. (2006). Modélisation de la dynamique de l'occupation des terres dans le département des collines au Bénin, *Revue Télédétection*, vol. 6, n° 4, p. 305-323.
28. Padonou, EA., Lykke, AM., Bachmann, Y; Idohou, R., Sinsin, B. (2017). Mapping changes in land use/land cover and prediction of future extension of bowé in Benin, West Africa. *Land Use Policy* 69 : 85–92.
29. Schéma d'Aménagement Foncier de la région de Maradi. (2020). Secrétariat Permanent Régional, de la commission foncière, République du Niger.
30. Soumana, Idrissa., Soumana, Djibo., Boureima, Amadou., Seyni, Harouna., Somda, Jacques., Clarisse, Honadia. Kambou., Masumbuko, Bora., Davies, Jonathan., Ogali, Claire., Onyango Vivian. (2021). Préserver les terres de pâturage et de parcours au Niger, 6 pages.
31. République du Niger. (2013). Stratégie de Développement Durable de l'Élevage 2013-2035, P.78.
32. Diarra, Sylla., Taibou, Ba., Mariama, Dalanda, Diallo., Tamsir, Mbaye., Aly, Diallo., Jean Luc, Peiry., Aliou, Guissé. (2019). Dynamique de l'occupation du sol de la commune de Téssékéré de 1984 à 2015 (Ferlo Nord, Sénégal). *Journal of Animal & Plant Sciences (J.Anim.Plant Sci.* ISSN 2071-7024) Vol.
33. Tchibozo, É. A. M. (2020). Modélisation de la dynamique spatio – temporelle de l'occupation du sol et analyse des changements du territoire de la lama au Bénin, URL:<http://dx.doi.org/10.19044/esj.2020.v16n6p499> 25 pages.
34. Zakary, Rhissa. (2010). Rapport d'activités. FAO/SFW. *Revue du secteur de l'élevage au Niger*. <https://reca-niger.org>.