

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

*A.D. 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/esipreprint.2.2025.p155

Approved: 10 February 2025

Posted: 12 February 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*. ESI Preprints.

<https://doi.org/10.19044/esipreprint.2.2025.p155>

### **Résumé**

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 les

habitations, 0,06% pour le sol nu et 0,01% pour le plan d'eau. Pour les formations steppiques, on constate que 11,28% et 44,37% de superficies de steppes arborées et arbustives ont été respectivement diminués de 1990 à 2022. L'analyse et l'interprétation de la matrice de changement intervenus au niveau de différentes classes d'occupation du sol ont montré que de 1990 à 2022, 17940,25 ha des terres ont été dégradées contre 639,52 ha de terres qui ont été transformé sous forme d'amélioration. Les restes de terres à savoir 9325,27 ha constituent la superficie de terres qui ont été resté 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.

---

**Mots clés :** Dégradation, télédétection et SIG, ressources naturelles, matrice de transition, Korahane

---

## **Spatio-temporal dynamics of land cover in the agropastoral zone of the commune of Korahane, north-central part of the Republic of Niger**

*A.D. 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 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 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:** Dégradation, remote sensing and GIS, matrix of transition and Korahane

## Introduction

Le changement d'occupation du sol dans les régions sahéliennes prend une ampleur sans précédent depuis les dernières décennies, rendant l'intérêt de documenter l'état des écosystèmes locaux particulièrement important Observatoire du Sahara et Sahel (2015).

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 km<sup>2</sup> en 1975 à 349 328 km<sup>2</sup> 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 km<sup>2</sup>, soit une augmentation annuelle de 1 600 km<sup>2</sup> de terres agricoles Atlas (2016) ; Soumana et al. (2021). Dans la région de Maradi, le potentiel en terres cultivables est estimé à 2 476 680 ha (PDR 2016) 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 Tine et al. (2020). Au Niger, les études portant sur l'évolution spatiotemporelle d'occupation du sol ont été abordées par plusieurs auteurs scientifiques selon divers approches scientifiques tels que : Issaharou Matchi Issiaka. (2012), Ali Mahamane et al. (2007), Boureima Karidjo Yacouba et al. (2016), Ibrahim Biga et al. (2020). 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 forêt ces dernières années, très peu d'études ont été menées sur le scénario de la dynamique spatiale et temporelle d'occupation du sol en utilisant les outils technologiques plus particulièrement dans la partie nord de Maradi (pole 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 ou la concurrence sur l'utilisation des espaces est l'élément fondamentale 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) tels que *Boscia senegalensis*, *Combretum glutinosum*, *Acacia radiata* 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 impactent 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 Ibrahim et al. (2023).

De façon générale, les modifications physiques de ces écosystèmes naturels 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'avancé 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

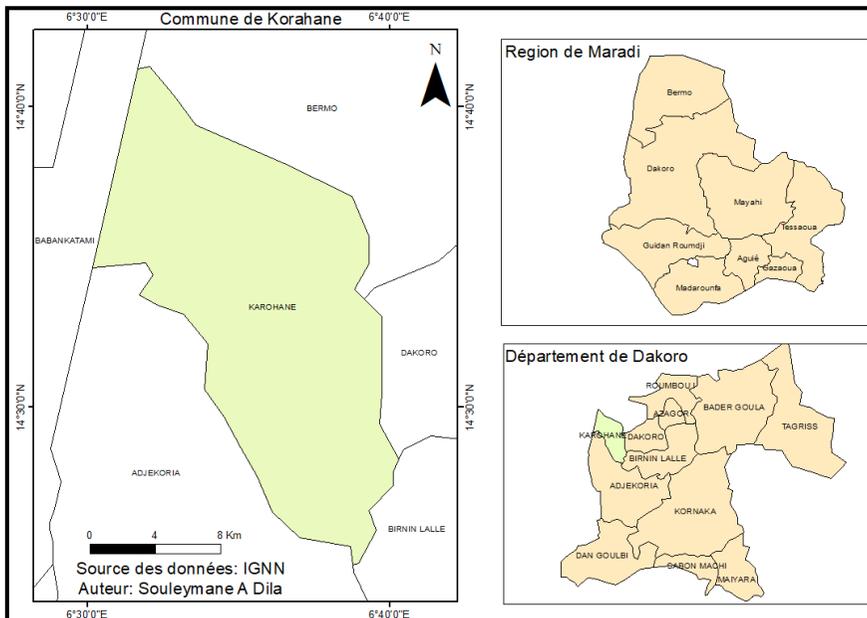
de Korahane durant le trente-deux (32) dernières années afin d'estimer le niveau de la dégradation des parcours pastoraux dans la zone.

## Méthodologies

- **Site d'étude**

L'étude est conduite dans la partie nord agropastorale (commune rurale de Korahane) géographiquement positionné sur le 14°24'44'' et 14°41'20'' de latitude Nord ; 6°30'09'' et 6°40'18'' de longitude Est) qui est située dans le département de Dakoro, région de Maradi (Figure 1). Le climat de la zone est de type sahélien-saharien SAF (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 est dominée par la steppe arborée/arbustive constitue principale de végétation de vallée et des parcours naturelles. Elle est constituée de formations forestières, parcours pastoraux, parcs agroforestiers SAF (2020).

Du point de vue paysage, 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 au moins hydromorphes présents la vallée de la Tarka, dans les bas-fonds et autour des mares.



**Figure 1 :** carte de localisation de la commune de Korahane

- **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 22022. Ce programme a été choisi pour trois principales des 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 des longues périodes (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 (Institut d'études géologiques des États Unies). Les images (tableaux 1) ont été choisies sur la base de leur disponibilité au niveau du site, de leur qualité face à des perturbations atmosphérique et tous 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 évènements climatiques (retour de pluie vers la période 1990 et l'intensification des actions de restauration de terres vers la période 2000). Ces images ont été projetées à la projection géographique UTM zone 32 nord WGS 84 (World Geodesic System).

**Tableau 1** : caractéristiques des images utilisées

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

Source : USGS Google survey/earthexplore

- **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. Mahougon 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 (2012) ; Abdel – Kawy et al. (2011). 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. 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, le plan d'eau, le sol nu, les habitations 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 sous forme des cartes thématiques conformément à l'atlas des cartes d'occupation du sol de l'Observatoire de Sahara et du Sahel (OSS), Niger (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 Globale TG) de l'évolution de l'occupation du sol ont 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 suivant :

$$Tg = \frac{S_2 - S_1}{S_1} \times 100 \quad (1)$$

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 vont comporter des signes moins (-) ou plus (+) pour exprimer respectivement soit une dynamique régressive ou une dynamique progressive. Ensuite s'en est suivi par le calcul de détection de changement représenté sous forme de matrice de transition, défini comme un tableau à double entrée qui permet de décrire de manière condensée les changements d'état des cellule (unités) d'occupation des terres (sol) intervenus entre deux dates Schlaepfer (2002).

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 du sol grâce à la commande intersect du logiciel ArcMap 10.8 pour détecter le changement d'affectation de terre. Les données quantitatives en hectare issus de la matrice de transition traduisent les quantités de surface qui ont été transformée ou restée stable d'une année à une autre. La grille d'évaluation du changement des classes d'occupation du sol (tableau 2 et 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 symbole 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	Foret	Steppe	Culture	Zone humide	Habitations	Autres terre
<b>Foret</b>	Stable	Perte de végétation	Déforestation	Inondation	Déforestation	Perte de végétation
<b>Steppe</b>	Afforestation	Stable	Expansion de culture	Inondation	Expansion Urban	Perte de végétation
<b>Culture</b>	Afforestation	Retrait de culture	Stable	Inondation	Expansion Urban	Perte de végétation
<b>Zone humide</b>	Woody encroachment	Drainage de zone humide	Drainage de zone humide	Stable	Drainage de zone humide	Drainage de zone humide
<b>Habitations</b>	Afforestation	Re-végétalisation	Expansion de culture	Établissement de zone humide	Stable	Retrait des habitations
<b>Autres terre</b>	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 : guide de bonne pratique SDG 15.3.1 (2017)

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

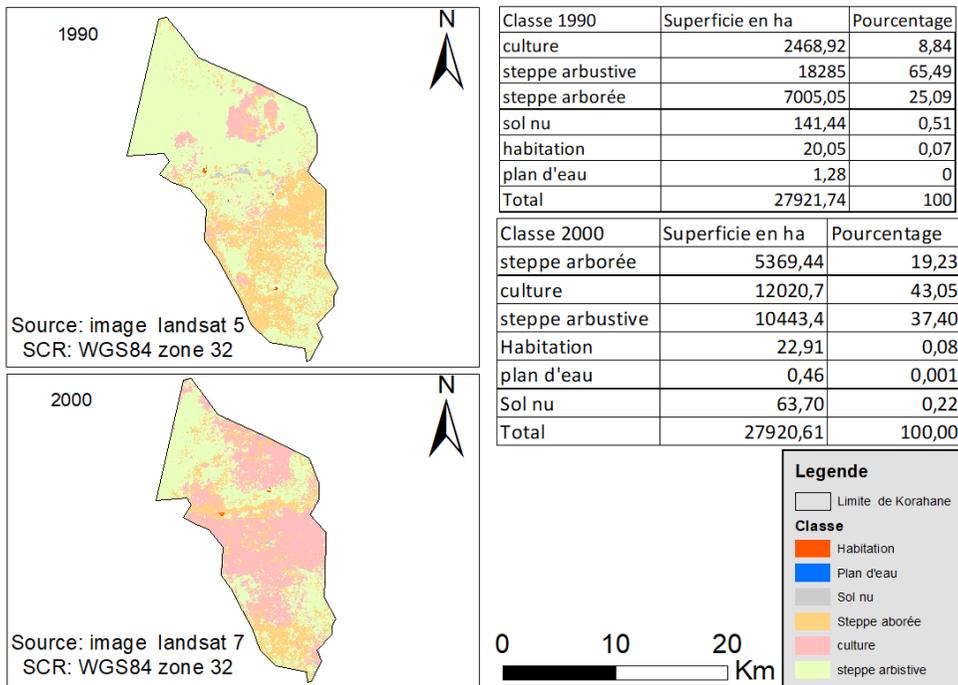
<b>Classe d'occupation du sol</b>	<b>Dégradation</b>
Déforestation	Oui
Expansion urbaine	Oui
Retrait de culture	Non
Établissement de zone humide	Non
Afforestation	Non
Drainage de zone humide	Oui
Habitations	Oui
Perte de Végétation	Oui
Inondation	Oui
Culture	Oui
Stable	Non
Re-végétalisation	Non
Expansion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

Source : guide de bonne pratique SDG 15.3.1 (2017)

## Résultats

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

La figure 3 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. Ainsi, en 1990, on constate que le paysage est largement dominé par la steppe arbustive et arborée avec respectivement 18285 ha (65,49%) et 7005,5 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, habitation et plan d'eau avec respectivement 2468,92 ha (8,84%), 141,44 ha (0,51%), 20,05 ha (0,07) et 1,28 ha. Après une décennie, c'est dire en 2000, la zone de culture occupe 12020,70 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 le plan d'eau, on remarque que leurs superficies occupées étaient de 10443,40 ha (37,4%) pour la steppe arbustive, 5369,44 ha (19,23%) pour la steppe arborée, 63,70 ha (0,23%) pour le sol nu et 0,46 ha pour le plan d'eau. Pour les habitations, 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

L'analyse de l'état d'occupation du sol en 2015 a ressorti que 13992,50 ha (50,12%) était occupé par les activités agricoles. Les formations naturelles que sont la steppe arbustive et arborée représentent respectivement 8973,87 ha (32,14%) et 4610,27 ha (16,51%). Pour les habitations, le plan d'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 17849,60 (63,93%) contre, 3856,48 ha (13,81%) et 5896,47 ha (21,12%) respectivement pour la steppe arborée et arbustive. Pour les habitations, le plan d'eau et le sol nu, ils étaient respectivement de 154,84 ha (0,55), 2,59 (0,01%) et 160,18 ha (0,57%).

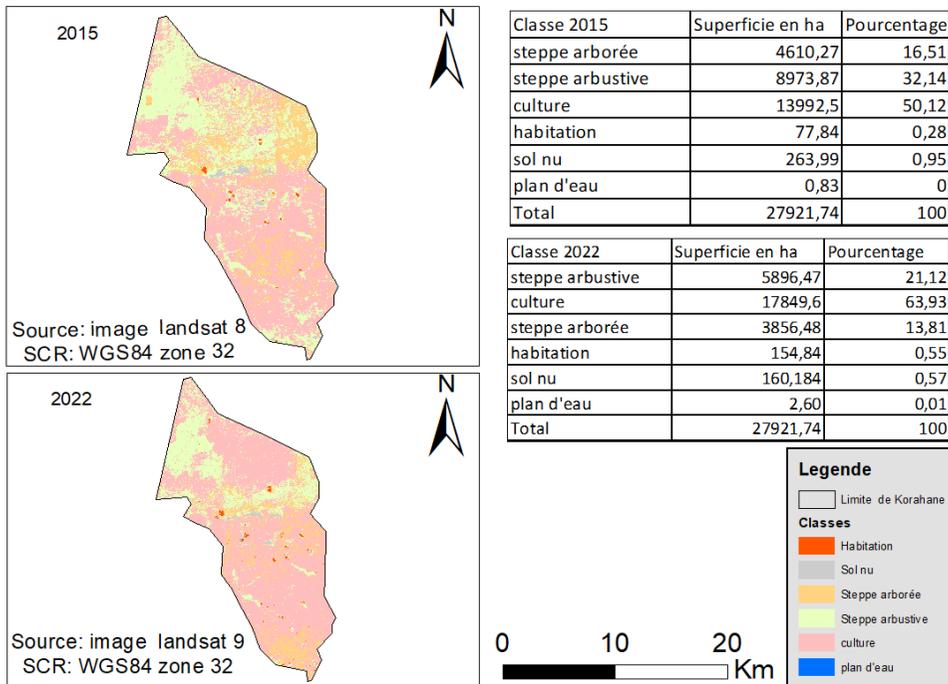
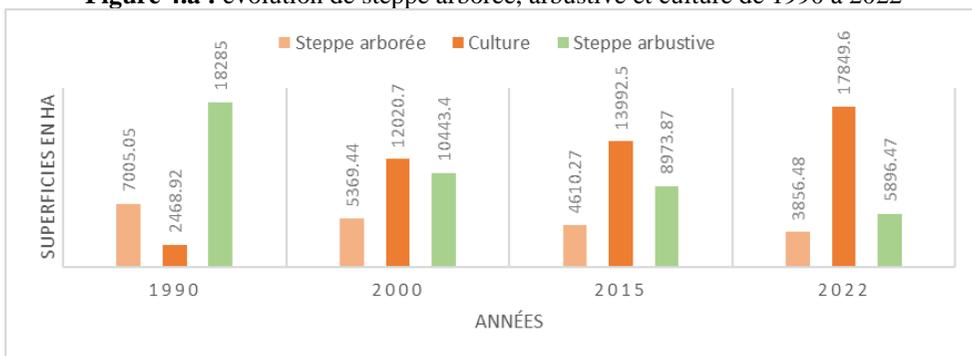


Figure 3 : Situation de l'occupation du sol de 2015 à 2022

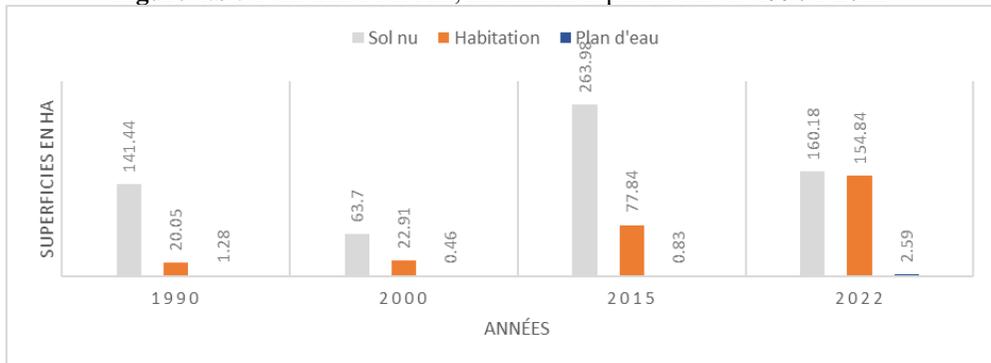
• **Évolution spatio-temporelle des unités d'occupation du sol**

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 habitations et le sol nu, on constate que ces trois (3) unités d'occupation du sol ont progressées passant pour les cultures de 8,84% à 63,93%, pour les habitations 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



Source : données images Landsat 5,7,8 et 9

**Figure 4.b** : évolution de sol nu, habitation et plan d'eau de 1990 à 2022

Source : données images Landsat 5,7,8 et 9

La figure (4a et 4b) traduit 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 habitations et le plan d'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
Habitation	0,01	0,2	0,27	0,48	Progression
Plan d'eau	0	0	0,01	0,01	Progression

Source : résultats de la matrice de transition de 1990 à 2022

- **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 se traduire sous forme d'amélioration (+), de dégradation (-) et de stabilité (0) en fonction du changement d'état d'une classe d'occupation du sol à une autre. Les différents tableaux présentés ci-dessous nous traduisent les résultats de la transition écologique des

différentes unités d'occupations du sol sur la série temporelle de 1990 (période de référence) à 2022 (période de surveillance).

Ce tableau ci-dessous donne la nature du changement des classes d'occupation du sol d'une année à une autre.

**Tableau 9** : évaluation du changement des classes d'occupation du sol

Transition	Culture	Habitation	Sol nu	Plan d'eau	Steppe arbor	Steppe arbus
Culture	0	-	-	+	+	+
Habitation	+	0	+	+	+	+
Sol nu	+	-	0	+	+	+
Plan d'eau	-	-	-	0	+	+
Steppe arbor	-	-	-	-	0	-
Steppe arbus	-	-	-	-	-	0

0= stabilité, - = dégradation et + = amélioration

Les résultats (tableau 5) de la matrice de transition des unités écologiques d'occupation du sol ont montré que de 1990 à 2000, 12278,48 ha de la superficie de la commune ont été restée stable alors que, 2202,28 ha ont suivi une transformation traduite sous forme d'amélioration ou de progression. Le reste de la superficie totale de la commune ont été dégradée à hauteur de 13423,21 ha de 1990 à 2000.

**Tableau 5** : Matrice de transition de l'occupation du sol entre 1990 et 2000 (en hectare)

		Année de surveillance 2000					
Année de référence 1990	Classe	Culture	Habitation	sol nu	Plan d'eau	Steppe arbor	Steppe arbus
	Culture	1772,53	0,06	0,26	0	391,11	303,78
	Habitation	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
	Plan d'eau	0	0	0	0,25	1,03	0
	Steppe arbor	3841,60	1,02	29,37	0,09	1756,31	1371,67
	Steppe arbus	6381,31	9,53	19,46	0	3133,23	8729,87

De 2000 à 2015 (tableau 6) on remarque que 6015 ha en terre de la commune semblent améliorés leur productivité contre 8155,49 ha en terre de la commune qui ont été dégradés. Pour le reste de la superficie en terre de la commune, 1373,45 ha de terre ont été évalués comme étant restés stables ou inchangés au cours de cette même période.

**Tableau 6** : Matrice de transition en hectare de l'occupation du sol entre 2000 et 2015

		Année de surveillance 2015					
Année de référence 2000	Classe	Culture	Habitation	sol nu	Plan d'eau	Steppe arbor	Steppe arbus
	Culture	7583,96	8,83	34,53	0	1789,36	2597,34
	Habitation	0,13	13,93	0,90	0	2,97	4,98
	Sol nu	1,37	0,85	48,06	0	2,24	11,07
	Plan d'eau	0,01	0,18	0,12	0	0	0,14
	Steppe arbor	2285,51	34,29	103,89	0,83	1335,61	1604,50
	Steppe arbus	4112,51	19,76	76,42	0	1477,76	4749,89

De la période 2015 à 2022, on remarque sur le tableau ci-dessous, 3071,62 ha de superficie totale de la commune ont été améliorées contre 8445,02 ha de superficie qui ont été dégradés. Les restes de la superficie de la commune qui représentent 16385,21 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 7** : matrice de transition en hectare de l'occupation du sol entre 2015 et 2022

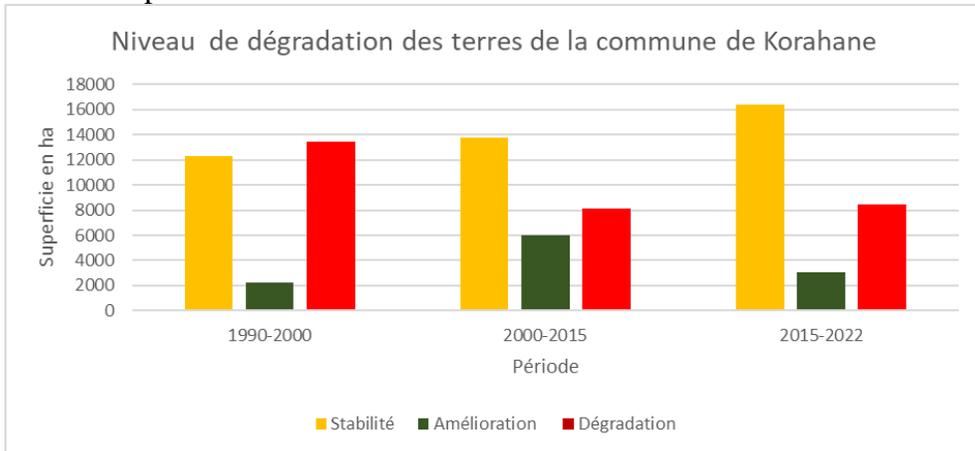
		Année de surveillance 2022					
Année de référence 2015	Classe	Culture	Habitation	Sol nu	Plan d'eau	Steppe arbor	Steppe arbus
	Culture	11059,32	5,29	1,72	0	1967,60	949,31
	Habitation	9,90	49,45	6,79	1,54	7,30	2,86
	Sol nu	6,48	17,58	120,04	0	83,29	36,55
	Plan d'eau	0,15	0	0	0,68	0	0
	Steppe arbor	2494,53	36,06	15,64	0,18	1157,12	904,80
	Steppe arbus	4267,78	46,37	15,91	0,19	638,82	3998,60

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, 17940,25 ha des terres ont été dégradées contre 639,52 ha de terres qui ont été transformé sous forme d'amélioration. Les restes de terres à savoir 9325,27 ha constituent la superficie de terres qui ont était resté stable au cours de trente-deux (32) dernières années.

**Tableau 8** : matrice de transition en hectare de l'occupation du sol entre 1990 et 2022

		Année de surveillance 2022					
Année de référence 1990	Classe	Culture	Habitation	Sol nu	Plan d'eau	Steppe arbor	Steppe arbus
	Culture	2122,68	3,59	0,16	0	206,44	134,87
	Habitation	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
	Plan d'eau	0,68	0,01	0	0,40	0,19	0
	Steppe arbor	5084,34	50,00	41,52	2,07	1595,78	226,26
	Steppe arbus	10621,42	83,36	42,11	0,06	2002,90	5521,70

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

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 14000 ha de 1990-200 à plus de 8000 ha de 2015-2022.

Tandis qu'une stabilité progressive de l'état des terres de la commune a été observé au cours de ces trois périodes allant de plus de 12000 ha à plus de 16000 ha des terres qui ont été resté inchangées. 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 2000 à 3000 avec une bonne amélioration observée au courant de la période 2000-2015.

## Discussion

Les résultats de l'étude réalisée dans la commune de Korahane ont montré des changements qui peuvent être interprétés tantôt sous forme de gain (dynamique progressive), tantôt sous forme de perte (dynamique régressive) des unités d'occupations des sols durant les trois (03) dernières décennies. Ceux-ci vont permettre de mettre en exergue la problématique 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, habitations et le sol nu constituent les principales classes d'occupation du sol qui ont suivi une progression au sein

du paysage. Ces classes 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 (SAP, 2020). Beaucoup des 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 et les impacts qu'ils induisent 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 surpâturage 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 de espaces pastorales 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, habitations, sol nu et plan d'eau ont suivi une progression en terre de

leur superficie. Cette augmentation est de 55,09% pour les cultures, 0,48% pour les habitations, 0,06% pour le sol nu et 0,01% pour le plan d'eau. Contrairement pour les formations steppiques, on constate que 11,28% et 44,37% de superficies de steppes arborées et arbustives ont été respectivement diminués 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. Ce point de vue est soutenu par A. Alassane (2016, p.108) qui affirme que la régression des ressources végétales est fortement corrélée à l'évolution rapide des activités humaines. 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 Omar 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 km<sup>2</sup> en 1975 à 349 328 km<sup>2</sup> 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 km<sup>2</sup>, soit une augmentation annuelle de 1 600 km<sup>2</sup> de terres agricoles Soumana 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 édaphique 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 données. Ce changement est évalué grâce à la grille d'évaluation (tableau 2 et 3) 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, 17940,25 ha des terres ont été dégradées contre 639,52 ha de terres qui ont été transformé sous forme d'amélioration. Les restes de terres à savoir 9325,27 ha constituent la superficie de terres qui ont était resté stable au cours de cette période de 1990 à 2022. Ces résultats

corroborent avec les travaux de Bachir et al. (2023) qu'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 habitations 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) ; Dome (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 du milieu (la 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 installations humaines ont suivi une dynamique évolutive de 1990 à 2022 avec respectivement 55,09% pour les cultures et 0,48% pour les habitations humaines. Cette transformation du paysage pourrait être expliquée par le fort taux de croissance démographique du département qui a comme conséquence 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 la croissance démographique qui exerce une pression sur les ressources naturelles pour leurs subsistances notamment la transformation des espaces réservés aux pâturages en champs de cultures ou habitation mais aussi la colonisation des aires du pâturage par des espèces peu ou non appréciées par les animaux. D'autres facteurs physiques tels que l'insuffisance et la mauvaise répartition spatiale et temporelle de pluie créée des poches de sécheresse modifiant ainsi l'état du couvert du sol entraînant la perte du potentiel biologique du sol et plus loin aussi les vagues de chaleurs

extrêmes ces dernières années qui 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 de cet article trouvent qu'il n'y a 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. Aboubacar, I. A. Mahamane, S. Mahamane, Bakasso Yacoubou, A. Issaka, Aboubacar Ichaou, Karim Saley (2007). L'analyse diachronique de l'occupation des terres et caractéristiques de la végétation dans la commune de Gabi dans la région de Maradi (Niger). In sécheresse, n°1-2, vol 17, DOI :10.1684/SEC.2007.0105, Corpus ID : 131412044.
2. Alohoun 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. Arouna, O. (2012). Cartographie et modélisation prédictive des changements spatio-temporels de la végétation dans la Commune de Djidja au Bénin : implications pour l'aménagement du territoire. Thèse de doctorat. Université d'Abomey-Calavi. Bénin. 162 p.
4. 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 16 pages J. Appl. Biosci. Vol : 187, 2023
5. Bamba, I. (2010). Anthropisation et dynamique spatio-temporelle de paysages forestiers en République Démocratique du Congo. Thèse de doctorat, université libre de Bruxelles, 205p.

6. 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.
7. Gbombélé, Soro., Ernest Kouassi, Ahoussi., Emmanuel, Konan Kouadio., Tanina, Drissa Soro., Sékouba, Oulare., Mahaman Bachir, Saley., Nagnin, Soro. & Jean Biemi. (2014). Apport de la télédétection à la cartographie de l'évolution spatio-temporelle de la dynamique de l'occupation du sol dans la région des Lacs (Centre de la Côte d'Ivoire) ISSN 1813-548X, <http://www.afriquescience.info>.
8. Alassane, M. B. Agassounon, A. A. Wedjangnon, Y. Y. Akin et C. A. I. N. Ouinsavi. (2023). Dynamiques de l'occupation du sol des forêts classées et forêts sacrées de la commune de Djougou au nord-ouest du Bénin de 2002 à 2022. SSN imprimé (print ISSN) : 1025-2355 et ISSN électronique (on line ISSN) : 1840-7099. Pages (pp.) 85-102
9. Idrissa Kindo, Abdou., Tougiani, Abasse., Moussa, Massaoudou., Habou, Rabiou., Idrissa, Soumana., & Jan, Bogaert. (2019). Influence des Pressions Anthropiques sur la Dynamique Paysagère de la Reserve Partielle de Faune de Dosso (Niger) *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 13(2) : 1094-1108, April 2019 ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print).
10. Mahaman Hamissou, Illo Souley., Karim, Saley., Boubacar, M. Moussa., Ali, Mahamane., Mahamane, Saadou. (2018). Diversité inter décennale de la végétation de la vallée de Goulbi N'Kaba, article, 23 pages.
11. Observatoire de Sahara et du Sahel, Niger (2015). Atlas des cartes d'occupation du sol 354 pages.
12. Oloukoi J., Mama V. J., & 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.
13. 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. 65 p.
14. Sawadogo H. (2008). Evolution de l'occupation du sol de Ziga dans le Yatenga (Burkina Faso) à partir de Photos Aériennes *Revue Télédétection*, 2008, vol. 8, n° 1, p.59-73.
15. Singh, A. (1989). Review article digital change detection techniques using remotely-sensed data, *International Journal of Remote Sensing*, 10 :6, pp. 989-1003.

16. -Bouhennache, R. (2018). Traitements des images satellitaires en vue d'une classification et/ou de détection des changements interimages. Thèse de Doctorat, Université Mohamed Seddik Ben Yahia – Jijel, Algérie, 150 p.
17. Boulaassal, H., S. Anaki, O.A. Yazidi, M. Maatouk, M. Wahbi. (2020). Cartographie des changements de l'occupation du sol entre 2002 et 2016 à partir des images Landsat. Cas de la région Tanger Tetouan Al-Hoceima (Maroc). *Afr. J. Land Policy Geospatial Sci.*, 3, 14–31.
18. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) for the United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). (2017). Guide de bonne pratique sur SDG 15.3.1, 115 pages.
19. Daou Ibrahim, Keita Mahamadou Moussa, Sidibé Amadou, Angare Habibatou, 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.
20. Direction National de la Statistique. (2016). Ministère de l'Agriculture et de l'élevage du Niger.
21. Dome Tine, Mbagnick Faye, Edmée Mbaye Diouf, Ababacar Fall, Bineta Faye. (2020). Détection de changement d'occupation du sol analyse de la dynamique des terres salées dans le Département de Foundiougne (Sénégal). *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)* [www.iosrjen.org](http://www.iosrjen.org) ISSN (e) : 2250-3021, ISSN (p) : 2278-8719 Vol. 10, Issue 4, April 2020, ||Séries -I|| PP 18-31.
22. Dupuy, S. (2021). Travaux Pratiques : Initiation à la télédétection avec Orfeo ToolBox et QGIS
23. Grouzis M. (1992). Germination et établissement des plantes annuelles sahéliennes. L'aridité : une contrainte au développement. Paris : ORSTOM, 597 p.
24. Hiernaux P, Le Houérou HN. (2006). Les parcours du Sahel. *Sécheresse* 17 : 51–71.
25. Institut National de la Statistique. (2020). Tableau de bord social, Ministère du plan, Institut National de la Statistique, République du Niger, rapport, 80 p.
26. 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.

27. Mamadou, Oumar Diawara., Pierre, Hiernaux., Éric, Mougin., Manuela, Grippa., Claire, Delon., & Hawa, Salif. Diakité. (2018). Effets de la pâture sur la dynamique de la végétation herbacée au Sahel (Gourma, Mali) : une approche par modélisation, article 9 pages
28. Nschlaepfer, R. (2002). Analyse de la dynamique du paysage. Laboratoire de Gestion des Ecosystèmes (GECOS), École polytechnique fédérale de Lausanne, 10 p.
29. 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.
30. Ousseina, S., Fortina, R., Marichatou, H., Tenikoye A. (2013). Dynamique du peuplement herbacé de la station sahélienne expérimentale de Toukounous (Filingué – Niger). Int. J. Biol. Chem. Sci., 7(2) : 657-671. DOI : <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v7i2.22>.
31. Penning, de Vries FWT., Djiteye, MA. (1982). La productivité des pâturages sahéliens. Une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle (1re édition). Wageningen : PUDOC, 525 p.
32. Plan de Développement Communal. (2018-2022). ONG Agir Innover pour le Développement Durable 115 pages.
33. S.D. Prince, C.O Justice, S.O Los. (1990). Télédétection de l'environnement sahéliens ; revue de l'état actuel et des projets futurs 132 pages.
34. Schéma d'Aménagement Foncier de la région de Maradi. (2020). Secrétariat Permanent Régional, de la commission foncière, République du Niger.
35. Soumana I. (2011). Groupements végétaux pâturés des parcours de la région de Zinder et stratégies d'exploitation développées par les éleveurs Uda'en. Thèse de Doctorat, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niamey, p. 229.
36. 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.
37. Stratégie de Développement Durable de l'Elevage. (2013-2035). République du Niger, P.78.
38. 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.
39. 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 Doi :10.19044/esj. 2020.v16n6p499.
  40. Zakary Rhissa. (2010). Rapport d’activités réalise par : FAO/SFW au Niger 115p. Revue du secteur de l’élevage au Niger.