



ISSN: 2230-9926

Available online at <http://www.journalijdr.com>

IJDR

International Journal of Development Research

Vol. 16, Issue, 09, pp.71017-71020, September, 2026

<https://doi.org/10.37118/ijdr.31211.09.2026>



RESEARCH ARTICLE

OPEN ACCESS

DYNAMIQUE SPATIO-TEMPORELLE DE L'OCCUPATION DU SOL DANS LA RÉSERVE DE BIOSPHERE DE GADABÉDJI DE 1993 À 2023

Mai Adam Barma^{1*}, Salamatou Abdourahamane Illiassou¹, Amadou Issoufou Abdourahim¹ and Mahamane Ali^{1, 2}

¹Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Diffa, Niger ; ^{1,2}Faculté des Sciences et Techniques Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger

ARTICLE INFO

Article History:

Received 19th June, 2026

Received in revised form

20th July, 2026

Accepted 19th August, 2026

Published online 30th September, 2026

Key Words:

Télédétection; Occupation du sol; CART ; Métriques Paysagères; Gadabédji; Niger.

*Corresponding author:

Mai Adam Barma

ABSTRACT

La Réserve de biosphère de Gadabédji subit des transformations paysagères dont l'ampleur sur trois décennies demeure essentielle à documenter. Cette étude analyse les cartes d'occupation du sol de 1993, 2003, 2013 et 2023 établies à partir d'images Landsat de 30 m traitées dans Google Earth Engine. Sept classes ont été discriminées par l'algorithme CART ; les superficies, les taux d'évolution et plusieurs métriques de structure paysagère ont ensuite été comparés. Les précisions globales annoncées varient de 91 à 95 %. De 1993 à 2023, la part des zones agraires passe de 10,07 à 27,04 %, celle des steppes arborées de 14,60 à 7,49 %, et celle des steppes arbustives de 27,73 à 12,73 %. Les sols nus atteignent 31,34 % en 2003 puis 25,93 % en 2023. L'indice de Shannon baisse de 1,75 à 1,54. La régression des formations ligneuses et l'expansion agricole témoignent d'une recomposition majeure du paysage. Les divergences entre les matrices de transition et les tableaux annuels limitent toutefois la quantification des conversions entre classes. Une reprise des données spatiales et une validation rétrospective indépendante sont recommandées avant toute attribution causale ou publication des flux détaillés.

Copyright©2026, Mai Adam Barma et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citation: Mai Adam Barma, Salamatou Abdourahamane Illiassou, Amadou Issoufou Abdourahim and Mahamane Ali. 2026. "Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans la Réserve de biosphère de Gadabédji de 1993 à 2023". *International Journal of Development Research*, 16, (09), 71017-71020.

INTRODUCTION

Les changements d'occupation et de couverture des terres constituent une expression visible des interactions entre activités humaines, variabilité climatique et écosystèmes. Dans les régions sahéniennes, la dépendance aux ressources pastorales, agricoles et ligneuses rend la surveillance des paysages particulièrement importante (Morou, 2010 ; Siradji et al., 2024). La télédétection et les systèmes d'information géographique permettent de comparer des états successifs du territoire à une résolution et sur une emprise relativement constante (Rawat et Kumar, 2015). La Réserve de biosphère de Gadabédji n'échappe pas à cette tendance. Les travaux réalisés jusqu'à présent se sont principalement concentrés sur l'évaluation du couvert forestier ou sur l'analyse de la dynamique de la végétation à travers des indices tels que le NDVI, souvent à l'échelle du noyau central ou de secteurs spécifiques de la réserve. En revanche, les transformations récentes de l'occupation du sol à l'échelle de l'ensemble de la réserve, incluant le noyau central, la zone tampon et la zone de transition demeurent insuffisamment documentées. De même, leurs implications sur les processus écologiques et les stratégies de conservation n'ont pas fait l'objet d'analyses approfondies. Dans ce contexte, les technologies de télédétection associées aux systèmes d'information géographique offrent des outils performants pour assurer un suivi spatial et temporel des changements d'occupation des terres à grande échelle

(Rawat et al., 2015). Plus récemment, la plateforme Google Earth Engine (GEE), grâce à ses vastes archives d'images satellitaires et à ses puissantes capacités de calcul en environnement cloud, s'est imposée comme un outil de référence pour l'analyse des dynamiques spatio-temporelles des paysages (Chan et al., 2008 ; Lima et al., 2021). L'exploitation de données multi-temporelles et de méthodes avancées de classification permet désormais de produire des cartographies plus précises et plus cohérentes pour le suivi des changements de l'occupation du sol. Dans cette perspective, le présent article vise à réaliser une analyse diachronique de la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans la Réserve de biosphère de Gadabédji entre 1993 et 2023, afin de caractériser les principales transformations intervenues au cours des trois dernières décennies et de fournir des connaissances scientifiques susceptibles d'éclairer les stratégies de gestion durable et de conservation de cet écosystème sahélien.

Présentation de la zone d'étude: La réserve se situe au nord de la région de Maradi, dans le centre du Niger et en zone nord sahélienne. Le manuscrit indique une superficie d'environ 1 413 625 ha. L'espace comprend un noyau central, une zone tampon et une zone de transition ; l'agriculture et le pastoralisme constituent des usages importants autour et au sein de ces zones. La réserve de faune a été

créée en 1955 avant sa reconnaissance comme réserve de biosphère. Les limites et le zonage utilisés pour cette étude figurent sur la carte ci-dessous.

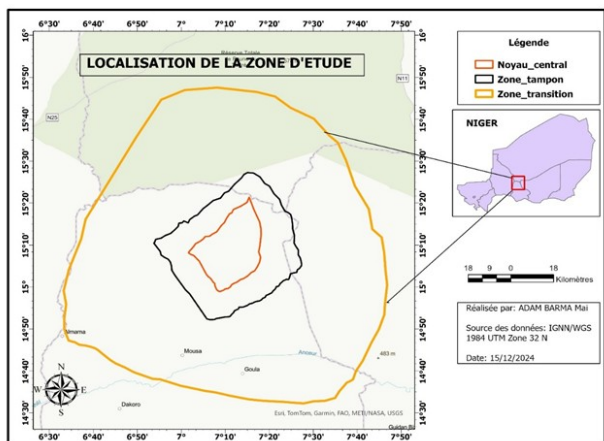


Figure 1. Localisation et zonage de la Réserve de biosphère de Gadabédji

Validation de classification et mesure du changement: Une mission de terrain réalisée en avril 2024 a servi à contrôler les classes de la carte de 2023. Le texte mentionne au moins trente points par classe relevés dans les trois zones de la réserve. La précision globale correspond à la proportion d'observations correctement classées ; le coefficient kappa corrige l'accord attendu par hasard. Les précisions de l'utilisateur et du producteur permettent d'examiner les erreurs de commission et d'omission. Pour les cartes de 1993, 2003 et 2013, les données de référence historiques et leur indépendance ne sont pas suffisamment détaillées.

Pour une classe donnée, le changement relatif de superficie entre t_1 et t_2 est calculé par $TG = 100 \times (S_2 - S_1) / S_1$. Les changements absolus en hectares et en points de pourcentage sont utilisés en complément, afin de ne pas confondre une hausse relative importante avec une grande contribution spatiale. Les matrices de transition doivent normalement croiser, pixel par pixel, les classes de départ et d'arrivée : la diagonale représente la persistance et les cellules hors diagonale représentent les conversions.

Indices de composition et de configuration: Les cartes raster ont été analysées dans FRAGSTATS (McGarigal et al., 2002). LPI mesure la part occupée par la plus grande tache d'une classe ; NP est le nombre de taches ; ED rapporte les longueurs de lisières à la superficie ; MPS exprime la taille moyenne des taches. À l'échelle globale, SHDI décrit la diversité des classes, CONTAG leur tendance à l'agrégation et IJI leur juxtaposition. Chaque indice est interprété conjointement avec les superficies, car un changement du nombre de taches peut refléter autant une variation d'étendue qu'une transformation de la forme spatiale.

Tableau 2. Principaux indices paysagers employés dans l'étude.

Indicateur	Niveau	Lecture principale
LPI	Classe	Dominance de la plus grande tache
NP et MPS	Classe	Nombre et taille moyenne des taches
ED	Classe	Longueur des lisières rapportée à la surface
SHDI	Paysage	Diversité des classes
CONTAG et IJI	Paysage	Agrégation et juxtaposition

RESULTATS

Validation des classifications: Le document source rapporte des précisions globales de 94 %, 91 %, 93 % et 95 % pour

1993, 2003, 2013 et 2023, respectivement. Les coefficients kappa associés sont 0,94, 0,90, 0,93 et 0,95. Les confusions concernent notamment les steppes et les sols nus sur certaines cartes anciennes, puis les zones agraires, les sols nus et les habitations en 2023. Ces résultats indiquent une bonne concordance déclarée, sous réserve de la vérification des échantillons de référence et des matrices de confusion.

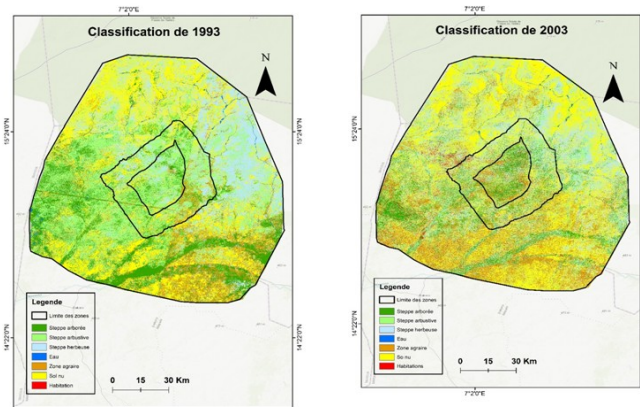


Figure 2. Occupation du sol en 1993 (gauche) et en 2003 (droite), cartes reprises du document source

Tableau 3. Exactitude annoncée des classifications dans le manuscrit

Indicateur	1993	2003	2013	2023
Précision globale (%)	94	91	93	95
Kappa	0,94	0,90	0,93	0,95

En 1993, la steppe arbustive est la classe la plus étendue (27,73 %), devant les sols nus (24,83 %) et la steppe herbeuse (22,48 %). En 2003, les sols nus deviennent dominants (31,34 %) et la steppe arbustive recule à 15,75 %.

Cartes des années 2013 et 2023

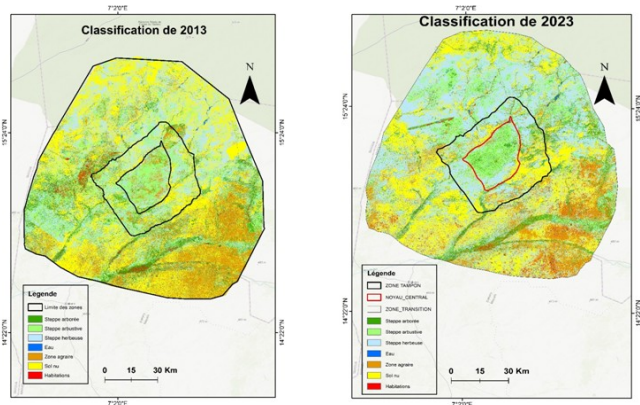


Figure 3. Occupation du sol en 2013 (gauche) et en 2023 (droite), cartes reprises du document source. La légende de la figure 2023 est corrigée ici : le manuscrit la désigne par erreur comme une carte de 2013

La zone agraire passe de 10,07 à 14,92 %, ce qui marque une première phase d'expansion des surfaces cultivées. En 2013, les sols nus occupent 28,76 % de la réserve et la steppe herbeuse 27,83 %. Les zones agraires représentent 17,13 %. En 2023, les zones agraires deviennent la classe la plus étendue (27,04 %), devant les sols nus (25,93 %) et la steppe herbeuse (25,22 %).

Les steppes arborée et arbustive ne représentent plus que 7,49 et 12,73 %. La lecture visuelle des cartes permet de situer les grandes unités et de constater leur changement apparent. Elle ne permet pas, à elle seule, de chiffrer la conversion d'un pixel d'une classe à l'autre. Cette quantification requiert un croisement de cartes corrigées, géométriquement alignées et fondées sur une emprise identique.

Résultats

Évolution des proportions et des superficies

Tableau 4. Proportions des classes (%).

Classe	1993	2003	2013	2023
Steppe arborée	14,60	9,77	9,54	7,49
Steppe arbustive	27,73	15,75	15,26	12,73
Steppe herbeuse	22,48	26,79	27,83	25,22
Eau	0,16	0,12	0,13	0,08
Zone agraire	10,07	14,92	17,13	27,04
Sol nu	24,83	31,34	28,76	25,93
Habitation	0,13	1,31	1,34	1,49

Entre 1993 et 2023, la steppe arborée passe de 206 415,88 à 105 916,34 ha, soit une baisse d'environ 48,7 %. La steppe arbustive décroît de 391 964,86 à 180 006,62 ha (−54,1 %). La zone agraire progresse de 142 293,12 à 382 289,98 ha (+168,7 %), soit une augmentation de 16,97 points de pourcentage. La steppe herbeuse augmente modérément en bilan de 1993 à 2023, mais diminue après 2013. Les sols nus progressent entre 1993 et 2003 puis reculent partiellement en 2013 et 2023.

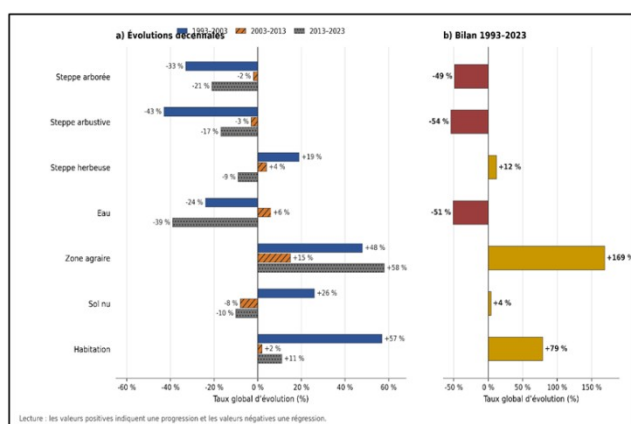


Figure 4. Taux d'évolution des classes par période et bilan 1993–2023, figure du document source ; interprétation prioritaire fondée sur les superficies annuelles

La somme des superficies de 1993 et la valeur attribuée aux habitations nécessitent un contrôle. Pour une emprise de 1 413 624,27 ha, les 11 780,88 ha d'habitations publiés correspondraient à environ 0,83 %, et non à 0,13 %.

Structure et configuration du paysage

Tableau 5. Indices globaux

Indice global	1993	2003	2013	2023
SHDI	1,75	1,72	1,59	1,54
CONTAG (%)	55,79	53,09	54,52	53,85
IJI (%)	84,03	89,96	86,75	87,08
NP total	7 812	7 568	5 669	3 780

La diminution continue du SHDI indique une baisse de la diversité de composition du paysage cartographié. CONTAG reste proche de 53 à 56 %, sans trajectoire monotone.

IJI demeure élevé, ce qui signale une juxtaposition marquée entre classes. Le nombre total de taches diminue fortement, mais cette tendance doit être rapprochée de l'étendue respective des classes et de la méthode de délimitation des taches.

Tableau 6. Sélection d'indices par classe

Classe	LPI 1993	LPI 2023	NP 1993	NP 2023
Steppe arborée	5,41	2,90	1 413	537
Steppe arbustive	4,79	7,55	1 587	587
Steppe herbeuse	15,12	19,08	1 761	731
Zone agraire	17,44	19,40	1 471	961
Sol nu	1,89	0,08	1 329	795

La plus grande tache de steppe arborée perd de l'importance relative, tandis que la plus grande tache agricole augmente. Pour la steppe arbustive, LPI progresse alors même que la surface totale recule : une contraction de la classe peut coexister avec la persistance d'un grand ensemble localisé. Les baisses de NP ne doivent donc pas être résumées par une fragmentation accrue ou réduite sans analyse conjointe des tailles, des lisières et de la distribution des taches.

Matrices de transition: Les tableaux de transition inclus dans le document décrivent des conversions potentielles entre classes. Cependant, leurs marges ne correspondent pas aux parts des classes dans les tableaux annuels ; par exemple, la matrice 1993–2003 attribue 17,43 % à la steppe arborée de départ, contre 14,60 % dans le tableau de 1993. Ces matrices ne sont pas reproduites comme résultats quantitatifs validés. Leur recalcul à partir des rasters harmonisés est indispensable.

DISCUSSION

Anthropisation et dynamique des steppes: La baisse de plus de moitié des superficies de steppe arbustive et la réduction presque équivalente de la steppe arborée constituent les changements les plus préoccupants pour le maintien des habitats ligneux. L'expansion des zones agricoles, surtout après 2013, accompagne une redistribution des classes dans le paysage. Des dynamiques comparables ont été décrites dans d'autres territoires ouest africains par Djohy et al. (2016) et Oloukoi et al. (2006). Pour Gadabédji, la superposition des cartes aux zones de gestion et aux données d'usage serait nécessaire pour mesurer où ces pressions se concentrent.

Variabilité des sols nus et des surfaces en eau: Le maximum de sols nus en 2003 suivi d'une diminution suggère une dynamique non linéaire. Le manuscrit évoque l'effet possible des actions de conservation des eaux et des sols et de défense ou restauration des sols. Cette explication demeure une hypothèse faute de dates, de localisations et d'intensités des interventions dans les données analysées. La perte apparente des surfaces en eau peut également dépendre de la pluviométrie, du régime des mares et des dates d'acquisition des images. Une série intra annuelle serait plus robuste que quatre scènes isolées pour cette classe de faible étendue.

Portée et limites: Les précisions rapportées sont élevées mais ne dispensent pas de documenter séparément les points d'apprentissage et de contrôle, particulièrement pour les cartes anciennes. La comparaison d'images acquises en octobre, novembre et décembre peut introduire des différences phénologiques. Les matrices incohérentes et la valeur d'habitation de 1993 doivent être vérifiées à partir des rasters, des masques et des calculs de surface. Les résultats soutiennent solidement le constat d'une diminution des steppes ligneuses et d'une hausse agricole dans les tableaux publiés ; ils ne permettent pas encore d'identifier avec précision les conversions spatiales ni d'attribuer leur cause à une seule pression.

CONCLUSION

La présente étude consacrée à la dynamique spatio-temporelle de l'occupation des terres dans la Réserve de biosphère de Gadabédji a permis de caractériser, sur les plans qualitatif et quantitatif, les principales transformations paysagères intervenues au cours des trois dernières décennies. L'analyse diachronique des cartes d'occupation du sol de 1993, 2003, 2013 et 2023 met en évidence une recomposition significative du paysage de la réserve, traduisant des changements importants dans la distribution spatiale et l'évolution des différentes unités d'occupation du sol. Les résultats obtenus révèlent principalement une expansion de la steppe herbeuse et des zones de cultures, parallèlement à une régression marquée de la steppe arborée et à une augmentation des superficies occupées par les sols nus. L'évolution observée n'est toutefois pas uniforme au cours de la période étudiée. Les différentes classes d'occupation du sol présentent des rythmes de changement variables, avec notamment une diminution rapide de la vitesse d'évolution des steppes arborées et arbustives. Ces tendances témoignent d'une modification progressive de la structure du paysage et, plus largement, d'une fragilisation des formations végétales naturelles de la réserve. Dans l'ensemble, la dynamique observée entre 1993 et 2023 traduit une régression des formations naturelles au profit d'unités davantage associées aux activités anthropiques et aux processus de dégradation des terres. L'extension des zones de cultures traduit notamment une pression croissante sur les espaces naturels, tandis que l'augmentation des sols nus peut être considérée comme un indicateur de la vulnérabilité de certaines portions du territoire à la dégradation du couvert végétal. La diminution des formations ligneuses, particulièrement de la steppe arborée, constitue à cet égard un résultat préoccupant compte tenu de leur importance dans le maintien de la biodiversité, la protection des sols et le fonctionnement écologique des écosystèmes sahéliens. Ainsi, les transformations mises en évidence montrent que la Réserve de biosphère de Gadabédji demeure soumise à une dynamique paysagère importante résultant de l'interaction entre les facteurs anthropiques et les contraintes environnementales. La poursuite de ces tendances pourrait, à terme, compromettre davantage l'intégrité écologique de certains secteurs de la réserve et réduire leur capacité à assurer durablement leurs fonctions écologiques et socio-économiques. Face à ces constats, la conservation des formations naturelles résiduelles et la restauration des espaces dégradés apparaissent comme des enjeux majeurs pour la gestion durable de la Réserve de biosphère de Gadabédji. Il importe, par conséquent, de renforcer les stratégies d'aménagement et de gestion en privilégiant des actions de restauration des terres, de suivi régulier de l'occupation du sol, de maîtrise des pressions agropastorales et de protection des formations végétales les plus vulnérables.

L'implication effective des communautés locales dans ces dispositifs constitue également une condition essentielle pour concilier les objectifs de conservation de la biodiversité avec les besoins socio-économiques des populations riveraines. La prise en compte de ces différentes dimensions devrait contribuer à renforcer la résilience des écosystèmes de la réserve et à assurer la préservation durable de ses ressources naturelles.

REFERENCES

- Abdi, A. M. (2020). Land cover and land use classification performance of machine learning algorithms in a boreal landscape using Sentinel 2 data. *GIScience and Remote Sensing*, 57(1), 1–20. <https://doi.org/10.1080/15481603.2019.1650447>.
- Belgiu, M. et Drăguț, L. (2016). Random forest in remote sensing: A review of applications and future directions. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 114, 24–31. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2016.01.011>.
- Breiman, L., Friedman, J., Olshen, R. et Stone, C. (1984). *Classification and Regression Trees*. Wadsworth.
- Djohy, G. L., Totin, H. S., Vodounon, H. S. et Kinzo, N. E. (2016). Dynamique de l'occupation du sol et évolution des terres agricoles dans la commune de Sinendé au nord Bénin. *Cahiers du CBRST*, 9, 101–121.
- Foga, S. et al. (2017). Cloud detection algorithm comparison and validation for operational Landsat data products. *Remote Sensing of Environment*, 194, 379–390. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.03.026>.
- McGarigal, K., Cushman, S., Neel, M. et Ene, E. (2002). *FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps*. University of Massachusetts, Amherst.
- Morou, B. (2010). Impacts de l'occupation des sols sur l'habitat de la girafe au Niger et enjeux pour la sauvegarde du dernier troupeau de girafes de l'Afrique de l'Ouest. Thèse de doctorat, 231 p.
- 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*, 6(4), 305–323.
- Rawat, J. S. et Kumar, M. (2015). Monitoring land use and land cover change using remote sensing and GIS. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 18, 77–84.
- Siradji, A. A., Maarouh, I. M., Mahamane, M., Ousseini, A. G., Latif, H. N. A., Soumana, D., Yacoubou, B. et Ali, M. (2024). Dynamique spatio temporelle des écosystèmes de la Réserve de biosphère de Gadabédji dans la zone nord sahélienne au centre du Niger. *European Scientific Journal*, 20(18).
- Schlaepfer, R. (2002). Analyse de la dynamique du paysage. Fiche d'enseignement 4.2, École polytechnique fédérale de Lausanne.
