

Revue HoPE

Structure et connectivité écologiques prédites de la couverture végétale dans la région du Nando (Burkina Faso)

Predicted ecological structure and landscape connectivity of vegetation cover in the Nando Region, Burkina Faso

Stéphane KOUDOUGOU ^{a†}, Oumar KABORE ^{ab}, Zonata RAMDE ^a, Mathias Philippe BAGRE ^a.

a. Université Joseph KI-ZERBO de Ouagadougou (Burkina Faso) / Laboratoire Dynamique des Espaces et Sociétés ;

b. Centre National de Recherche Scientifique et Technologique/ Institut National de l'Environnement et de Recherche Agricole (CNSRT/ INERA)

Résumé

La configuration de la couverture végétale dépend de la structure et de la connectivité du réseau. L'objectif de cette étude est de quantifier le niveau de connectivité spatiale et la structure du paysage. La démarche a reposé sur une méthodologie mixte combinant la télédétection et la prédiction cartographique à l'aide du modèle Land Change Modeler. Les données prédites d'occupation des terres à l'horizon 2050 ont été utilisées. Les analyses ont porté sur l'interprétation des indices métriques de structure et de connectivité. Ces indices ont été calculés à l'aide de Fragstats, et la prédiction a été réalisée à l'aide de TerrSet Libra GIS. Les résultats mettent en évidence un paysage caractérisé par une forte cohésion structurelle, mais une faible connectivité fonctionnelle, ce qui traduit une fragmentation écologique significative. Le scénario moyen apparaît comme le plus favorable en termes de proximité et d'organisation spatiale des habitats, tandis que le scénario pessimiste accentue fortement leur isolement. Toutefois, aucun des scénarios n'atteint un niveau satisfaisant de connectivité fonctionnelle, ce qui pourrait compromettre la mobilité des espèces, la résilience des écosystèmes et le maintien des processus écologiques essentiels.

© Revue HOPE, tous droits réservés

Mots-clés : Aires protégées, Connectivité écologique, Fragmentation paysagère, Nando (Burkina Faso).

Abstract

The configuration of the vegetation cover depends on the structure and the connections that constitute the network. The purpose of this study is to quantify spatial connectivity and landscape structure to assess the level of network connection. Predicted land cover data by 2050 were used. The analyses focused on the interpretation of the metric indices of structure and connectivity. These indices were calculated on Fragstats, and the prediction was made with TerrSet Libra GIS. The results highlight a landscape characterized by strong structural cohesion but low functional connectivity, reflecting significant ecological fragmentation. The medium scenario appears to be the most favorable in terms of proximity and spatial organization of habitats, while the pessimistic scenario strongly accentuates their isolation. However, none of the scenarios achieve a satisfactory level of functional connectivity, which could compromise species mobility, ecosystem resilience, and the maintenance of essential ecological processes.

© Revue HOPE, all right reserved

Keywords: Protected areas, Ecological connectivity, Landscape fragmentation, Nando (Burkina Faso)

[†]Auteur correspondant : KOUDOUGOU Stéphane, Email : kdgstephane3@gmail.com, contact : +22676810018

Article reçu le : 28/03/2026, Version corrigée reçue le 20/06/2026, Accepté le 30/06/2026.

1. Introduction

Selon la Convention sur la diversité biologique et Hilty et Lorenz (2020), la connectivité écologique désigne l'absence d'obstacles au mouvement des espèces et aux flux de processus écologiques essentiels au maintien de la biodiversité et de la résilience des écosystèmes. Cette notion est particulièrement critique dans les paysages fragmentés d'Afrique de l'Ouest, où la conversion rapide des terres modifie profondément la structure des habitats naturels et limite les déplacements des espèces entre zones protégées et matrices anthropisées (Kamath et al., 2023). Plusieurs travaux récents ont montré l'importance de quantifier les discontinuités spatiales des réseaux écologiques afin d'améliorer la conservation de la biodiversité (Zhao et al., 2022 ; Vidal-Llamas et al., 2025). L'approche par la théorie des graphes et les modèles multi-espèces permet notamment d'identifier les corridors écologiques prioritaires et les zones de rupture de connectivité (Oehri et al., 2024 ; Zhang et al., 2021). Par ailleurs, l'analyse de la structure spatiale des paysages à travers les métriques de fragmentation telles que le nombre de taches (NP), la densité de taches (PD) et l'indice de forme du paysage (LSI) constitue une base importante en écologie du paysage. Selon Turner (1989) et Sanon (2018), ces indicateurs influencent directement les flux écologiques en modifiant la configuration spatiale des habitats. De même, les indices de connectivité tels que PROX, ENN et CONNECT permettent d'évaluer le degré d'isolement fonctionnel des habitats. Dans les régions soudano-sahéliennes, notamment au Burkina Faso, la dynamique du couvert végétal est caractérisée par une forte pression anthropique liée à l'expansion agricole, au surpâturage et à la déforestation, entraînant une fragmentation progressive des habitats naturels (Gansaonré et al., 2020). Les données de Global Forest Watch confirment une perte continue du couvert forestier depuis les années 2000, traduisant une dégradation progressive des écosystèmes. Cependant, malgré l'abondance des études sur la fragmentation et la connectivité à l'échelle globale et régionale, peu de travaux ont intégré des approches prospectives combinant des scénarios futurs d'occupation du sol et l'analyse de la connectivité spatiale dans les savanes du Burkina Faso. En particulier, les études restent limitées concernant la projection des indices de structure paysagère et de connectivité à l'horizon 2050 à une échelle locale fine. C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente étude, dont l'objectif spécifique consiste d'abord à faire un rappel de la dynamique de la couverture végétale dans la région du Nando entre 1990 et 2020 qui a été abordée par Koudougou et Kaboré (2024). L'objectif principal de cette étude est donc de prédire l'état futur de la connectivité écologique à l'horizon 2050 selon différents scénarios d'évolution de l'occupation du sol, afin

d'identifier les dynamiques de fragmentation et de fournir des éléments d'aide à la décision pour la planification écologique et la conservation de la biodiversité.

2. Méthode et matériel

2.1. Présentation et choix de la région du Nando

2.1.1. Situation de la zone d'étude

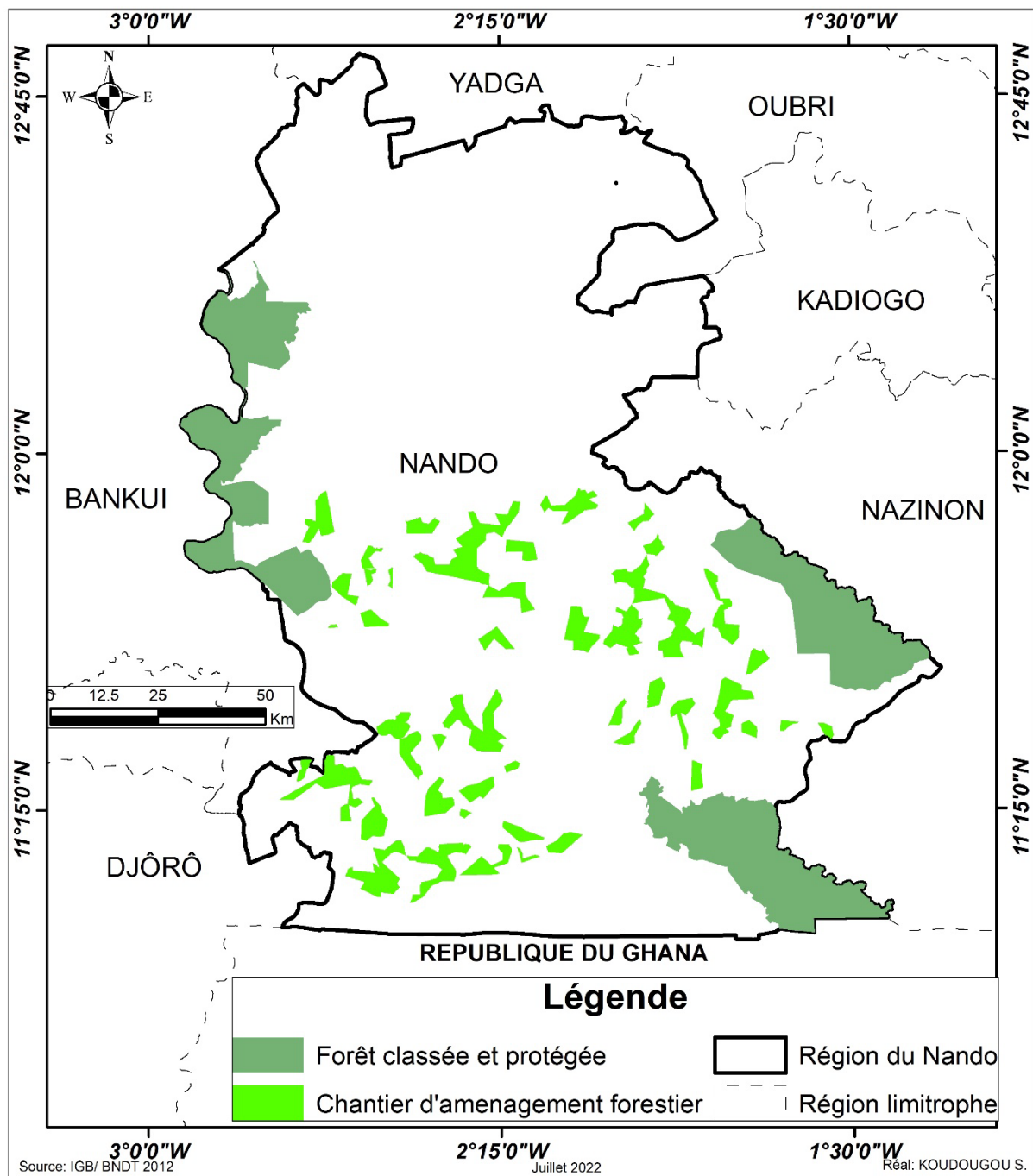
La région du Nando est localisée entre les latitudes 11°15' et 12°45' nord et les longitudes 3°00' et 1°30' ouest (figure 1). C'est une région limitée au nord par la région du *Yadga*, à l'est par la région du *Kadiogo* et du *Nazinon*, au sud par le Ghana, à l'ouest par la région du *Djôrô* et du *Bankui*.

2.1.2. Justification du choix de la zones d'étude

La région du *Nando* est un milieu qui abrite une diversité d'aires de conservation. Elle est composée de six (6) forêts classées et réserves de faune (*Thiogo*, *Kalyo*, *Laba*, *Sissili*, *Zawara* et *Baporo*). Les chantiers d'aménagement forestier (*de Bounounou*, *de Silly-Pouni-Zawara*, *du sud-ouest de la Sissili*, *de Sapouy-Bieha*, *de Kassou* et du *Nazinon*), excepté celui du *Nazinon*, n'ont pas fait l'objet d'un acte de classement. Ces chantiers sont soumis au régime commun relatif au droit d'exploitation. Le choix de cette zone d'étude se justifie par le fait que :

- Cette zone constitue un réservoir de faune sauvage, de flore et de stocks de bois pour les grandes villes du Burkina Faso ;
- Cette zone contient des aires de conservation qui présentent une configuration spatiale qui tend vers leur isolement ;
- Et enfin, cette zone contient un réseau d'aires de conservation depuis la période coloniale qui mérite d'être préservé et de servir à la génération future.

Figure 1: aire de conservation



2.2. Données utilisées

2.2.1. Données

Les données utilisées dans cette étude proviennent du traitement d'images satellitaires Landsat (TM, ETM+ et OLI-TIRS). Ces images ont servi à l'analyse spatio-temporelle de l'occupation du sol pour les années 1990, 2000, 2010 et 2020. Les résultats issus de cette analyse ont ensuite été exploités pour prédire la trajectoire d'évolution du couvert végétal à l'horizon 2050. Par

ailleurs, les données de la Base Nationale des Données Topographiques de 2012 ont été utilisées pour la réalisation de la carte de la situation des aires d'étude ainsi que pour l'estimation des superficies des aires classées et protégées dans la zone d'étude.

2.2.2. Formatage des données

Les données ont été redimensionnées à 30 m/30 m de résolution et au format *GeoTIFF* exploitable dans *Fragstats*. Le système de coordonnées affecté aux données est le *WGS 84 UTM Zone 30 N*. Les données ont été reformattées (tableau 1) en deux catégories (autres unités et savanes) à l'aide d'un fichier de type *.FCD* afin qu'il puisse être exploitable sur *Fragstats* pour les analyses.

Tableau 1 : regroupement et formatage des données

Catégorie	Unité	Formatage
Autres unités	Habitat	<i>ID, Name, Enabled, IsBackground</i> 1, autres unités, false, true 2, savane, true, false
	Sols nus	
	Surface en eau	
	Champs	
Savanes	Savanes arbustives	
	Savanes arborées	
	Savane herbeuse	

Source : KOUDOUGOU S. 2026

La savane a été définie comme classe cible de l'analyse (Enabled = true ; IsBackground = false), tandis que l'ensemble des autres classes d'occupation du sol a été regroupé sous la catégorie autres unités (cf. tableau 1) et considéré comme arrière-plan (Enabled = false ; IsBackground = true). Cette configuration a permis d'évaluer les processus de maintien, de régression, d'expansion et la connectivité des formations savaniques à l'horizon 2050.

2.3. Les outils d'analyse

La connectivité structurelle a été évaluée à l'aide du logiciel FRAGSTATS 4.2. Les indices calculés sont regroupés en indices de connectivité, de structure et d'organisation spatiale. La prédiction cartographique a été réalisée avec TerrSet LibraGis. QGIS et Excel ont été quant à eux utilisés respectivement pour la finition cartographique et l'analyse des statistiques issues de FRAGSTATS.

2.4. Les méthodes d'analyse de données

L'analyse de la structure spatiale du paysage s'appuie sur des métriques telles que le nombre de taches (NP), la densité des bordures (ED) et l'indice de forme (LSI), qui reflètent le degré de fragmentation. Par ailleurs, la connectivité écologique est appréhendée à travers des indices tels que CONNECT, PROX et ENN, permettant d'évaluer le degré d'isolement ou de continuité des unités paysagères. En résumé, les indices se regroupent en deux groupes d'analyse :

- ✓ **Indice de connectivité écologique** : CONNECT, PROX, ENN.
- ✓ **Indice de structure du paysage** : NP, PD, LSI.

Ces métriques de structure, d'organisation spatiale et de connectivité ont été calculées suivant les équations mentionnées ci-dessous.

Équation 1 : $CONNECT = \frac{\sum c_{ij}}{\frac{n(n-1)}{2}} \times 100$; Avec $c_{ij} = 1$ si deux taches sont connectées (distance $\leq$ seuil), sinon 0 et n = nombre de taches. Lorsque $CONNECT = 0$, il y a une rupture de connexion et lorsque $CONNECT = 100$,

Équation 2 : $PROX = \sum \frac{a_j}{d_{ij}^2}$; Avec : a_j = surface de la tache voisine et d_{ij} = distance entre les taches. Les taches sont considérées comme grandes et proches lorsqu'elles sont élevées et petites et éloignées lorsqu'elles sont faibles.

Équation 3 : $ENN = \min(d_{ij})$;

Où : d_{ij} = distance entre tâches. Les valeurs élevées d'ENN signifient que les tâches sont isolées et les valeurs faibles signifient que les tâches sont proches.

Équation 5 : $NP = n$; Avec : n = nombre total de taches

Lorsque le NP est élevé, le paysage est très fragmenté, lorsque le NP est faible, le paysage est homogène. Dans les cas extrêmes, si $NP = 1$,

Équation 6 : $P_D = n/A$: n = nombre de taches, A = surface totale du paysage (en m²).

Si PD est élevé, la fragmentation est élevée ; si PD est faible, le paysage est compact.

Équation 7 : $LSI = \frac{E}{2\sqrt{\pi A}}$; Avec E = périmètre total des tâches et A = surface totale du paysage.

Le paysage est dit de forme simple si LSI est régulier ou compact (si $LSI \approx 1$), et de forme complexe, irrégulière si LSI est élevé.

3. RÉSULTAT

3.1. Dynamique rétrospective de 1990 à 2020

Le paysage de la région du *Nando* est passé d'une domination de la couverture végétale naturelle (66,39 % de la superficie de la région en 1990) à un équilibre précaire avec les zones anthropisées en 2020. Le tableau illustre les changements nets et les observations des mutations entre 1990 et 2020.

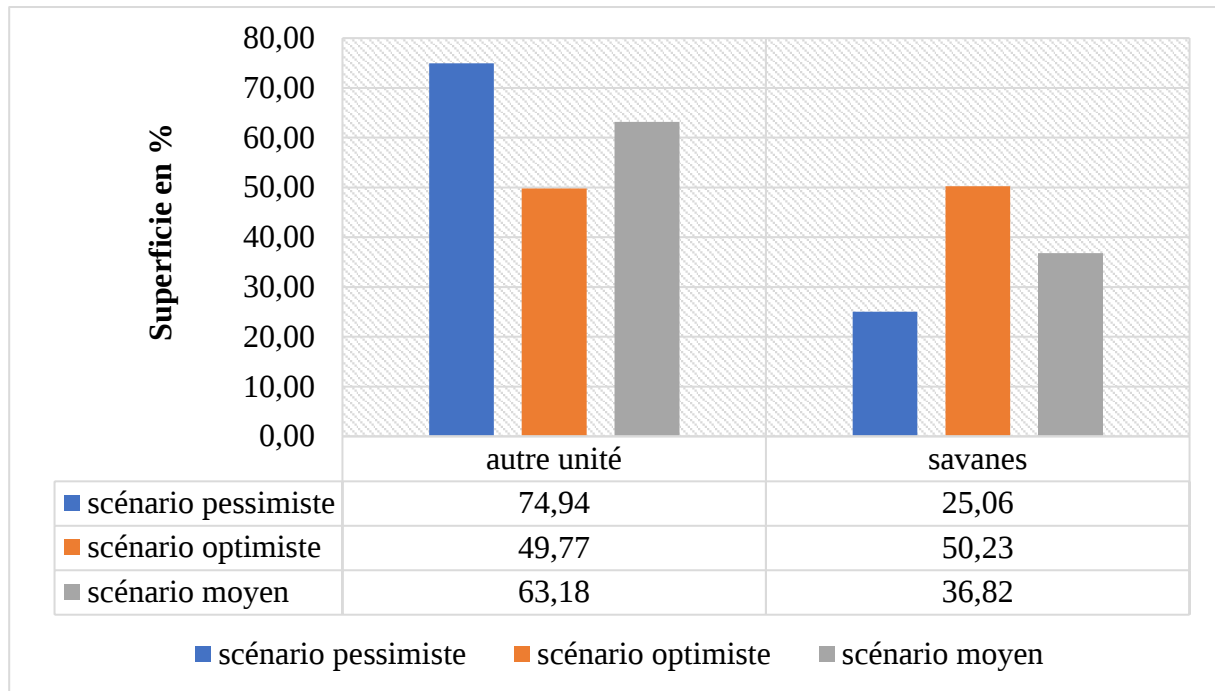
Tableau 1 : proportion des changements observés dans la région entre 1990 et 2020

Classe d'Occupation	Changement Net (1990-2020)	Observation Majeure
Savanes	-12,76 %	Transition massive vers les champs (11,81 % du gain des champs).
Champs	+7,73 %	L'expansion continue, souvent au détriment des zones protégées.
Sols nus / érodés	+4,91 %	Indicateur d'une dégradation avancée des terres cultivées.
Habitats	+0,85 %	Croissance urbaine et rurale constante.
Forêts-galeries	-0,82 %	Dégradation critique des berges des cours d'eau.

Source : traitement d'image Landsat (1990, 2020)

3.2. Analyse prospective de la connectivité spatiale

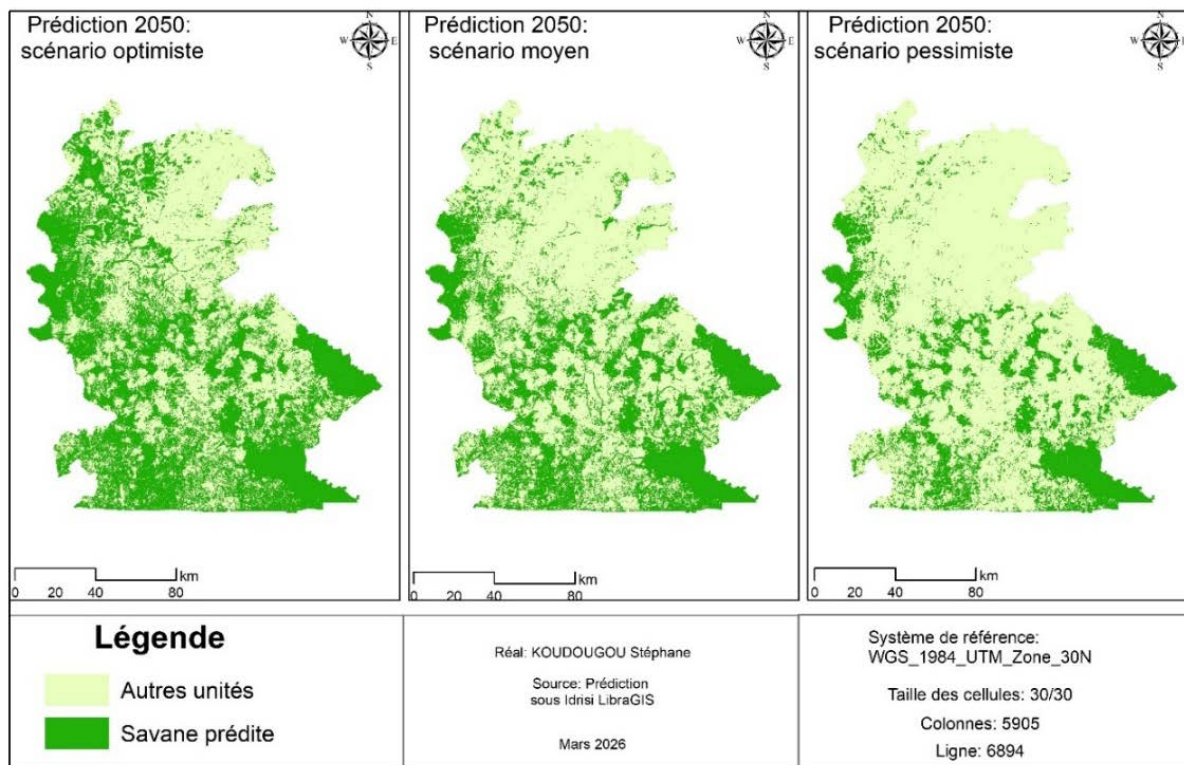
La figure 2 met en évidence les variations des superficies selon trois scénarios d'évolution prédits en 2050 (pessimiste, optimiste et moyen) pour deux types d'unités d'occupation du sol (les autres unités et les savanes).

Figure 2 : surface des unités

Source : Analyse de données prédite

La figure 2 illustre que le scénario pessimiste présente la valeur la plus élevée. Le scénario moyen affiche une valeur intermédiaire (63,18 %), tandis que le scénario optimiste enregistre la valeur la plus faible (49,77 %). Cette tendance suggère que, dans un contexte pessimiste, les autres formes d'occupation du sol (formations anthropisées) tendraient à s'étendre davantage, au détriment des formations naturelles. En revanche, pour les savanes, la tendance est inversée. Le scénario optimiste montre la valeur la plus élevée (50,23 %), traduisant une amélioration ou une conservation accrue de ces écosystèmes. Le scénario moyen présente une valeur intermédiaire (36,82 %), tandis que le scénario pessimiste enregistre la plus faible valeur (25,06 %), ce qui indique une régression significative des savanes dans un contexte défavorable. Les résultats montrent une relation inverse entre l'extension des formations anthropisées et la superficie des savanes. L'augmentation des superficies occupées par les autres unités s'accompagne d'une régression des savanes, tandis que leur limitation favorise le maintien ou la restauration de ces écosystèmes.

La figure 3 est la présentation cartographique prédite en 2050, donc les statistiques sont mentionnées ci-dessus (figure 2).

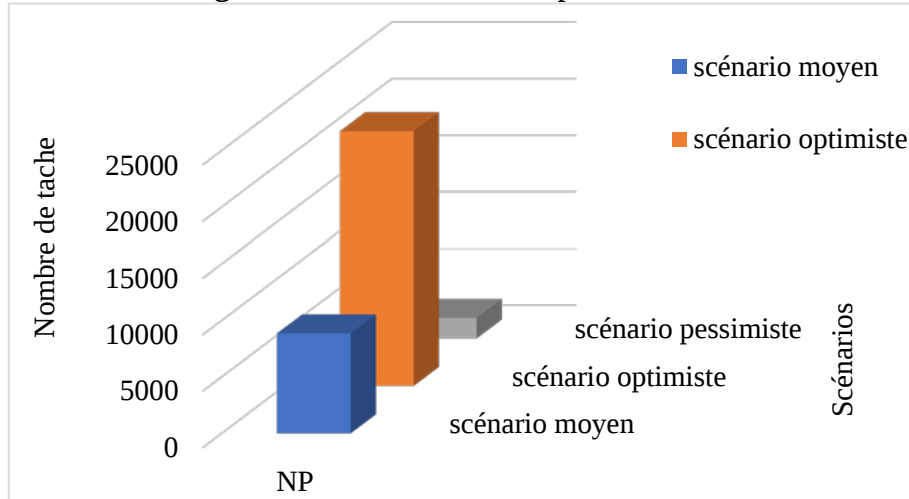
Figure 3 : prédiction de l'habitat en 2050

3.3. Analyse de l'organisation structurale des habitats

3.3.1. Analyse du nombre de taches

L'indice du nombre de taches (NP) révèle une forte variabilité entre les scénarios, avec une valeur maximale observée dans le scénario optimiste (22 492), suivie du scénario moyen (8 852), tandis que le scénario pessimiste présente une valeur nettement plus faible (1 815). Cette distribution indique que le scénario optimiste est caractérisé par une subdivision importante du paysage en un grand nombre de taches, traduisant un niveau élevé de fragmentation. À l'inverse, le scénario pessimiste, avec un nombre réduit de taches, suggère une dominance de grandes unités spatiales plus homogènes.

Figure 4 : nombre de tâches par scénario

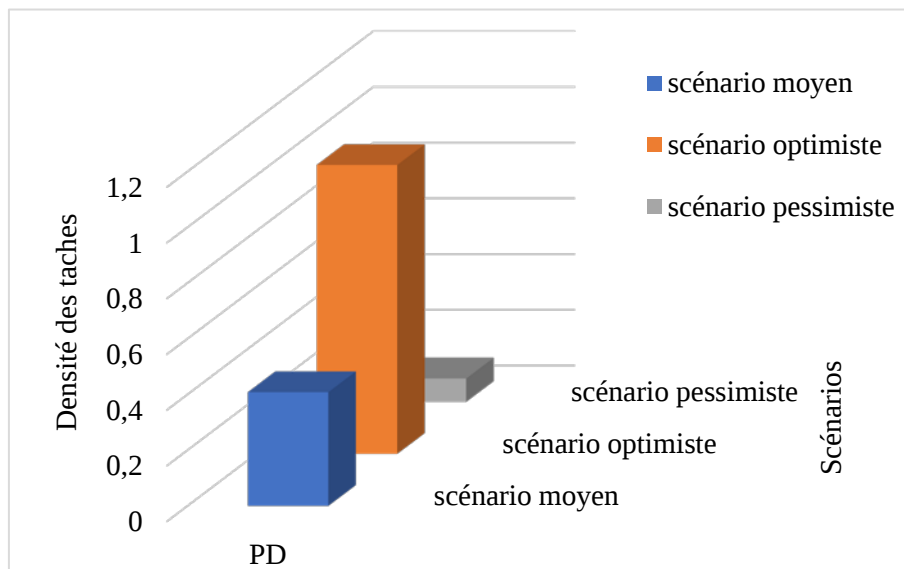


Source : Analyse de données prédites sur FRAGSTATS

3.3.2. Analyse de la densité de tâche

La tendance illustrée dans la **figure 4** est confirmée par l'indice de densité de tâches (PD), qui atteint sa valeur la plus élevée dans le scénario optimiste (1,0368), contre 0,408 dans le scénario moyen et 0,0837 dans le scénario pessimiste. Ces résultats traduisent une intensification de la fragmentation dans le scénario optimiste, où les tâches sont non seulement nombreuses mais également fortement dispersées à l'échelle du paysage d'étude. En revanche, les faibles valeurs de PD dans le scénario pessimiste indiquent une structure paysagère plus compacte et moins fragmentée.

Figure 5 : densité de tâches par scénario

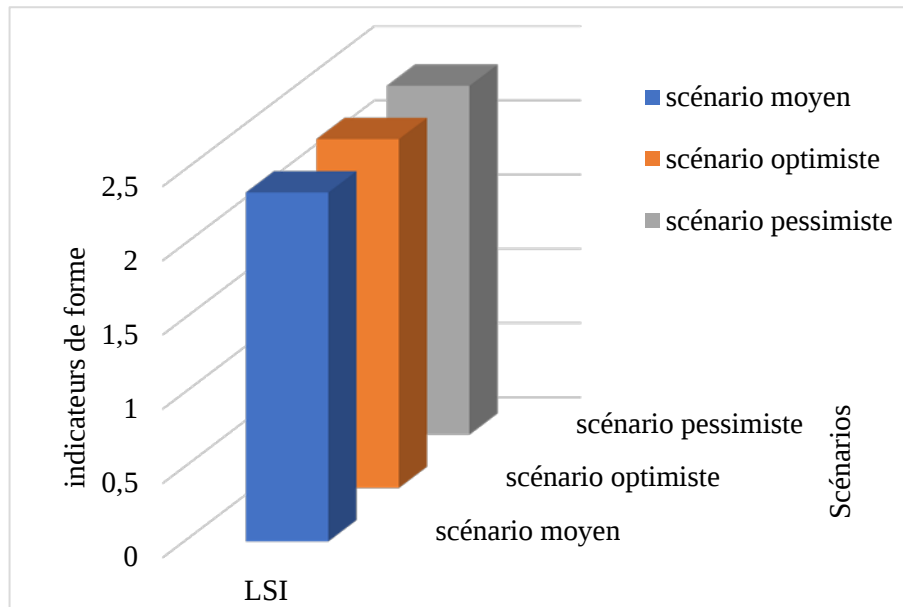


Source : Analyse de données prédites sur FRAGSTATS

3.3.3. Analyse de la forme du paysage

En ce qui concerne l'indice de forme du paysage (LSI), les valeurs sont presque identiques (**figure 6**) dans tous les scénarios (2,3499), ce qui traduit une stabilité de la complexité des formes des taches indépendamment des transformations du paysage. Cette constance suggère que les changements observés entre les scénarios affectent principalement le nombre et la densité des taches, sans modifier significativement leur géométrie ou la configuration morphologique du paysage.

Figure 6 : indice de forme par scénarios



Source : Analyse de données prédites sur FRAGSTATS

3.3.4. Synthèse sur la configuration du paysage

Au plan écologique, ces résultats indiquent que le scénario optimiste, bien que caractérisé par une forte fragmentation (NP et PD élevés), pourrait favoriser une diversification des habitats, mais au détriment de leur continuité. Le scénario moyen représente une situation intermédiaire, combinant un niveau modéré de fragmentation et une organisation spatiale plus équilibrée. En revanche, le scénario pessimiste se distingue par une faible fragmentation, traduisant une homogénéisation du paysage, souvent associée à une simplification écologique et à une perte de diversité des habitats. Ainsi, l'analyse conjointe des indices NP, PD et LSI met en évidence que les dynamiques paysagères seront principalement contrôlées par les processus de fragmentation et d'agrégation des taches, tandis que la complexité des formes demeurera relativement stable. Ces transformations pourraient avoir des implications écologiques

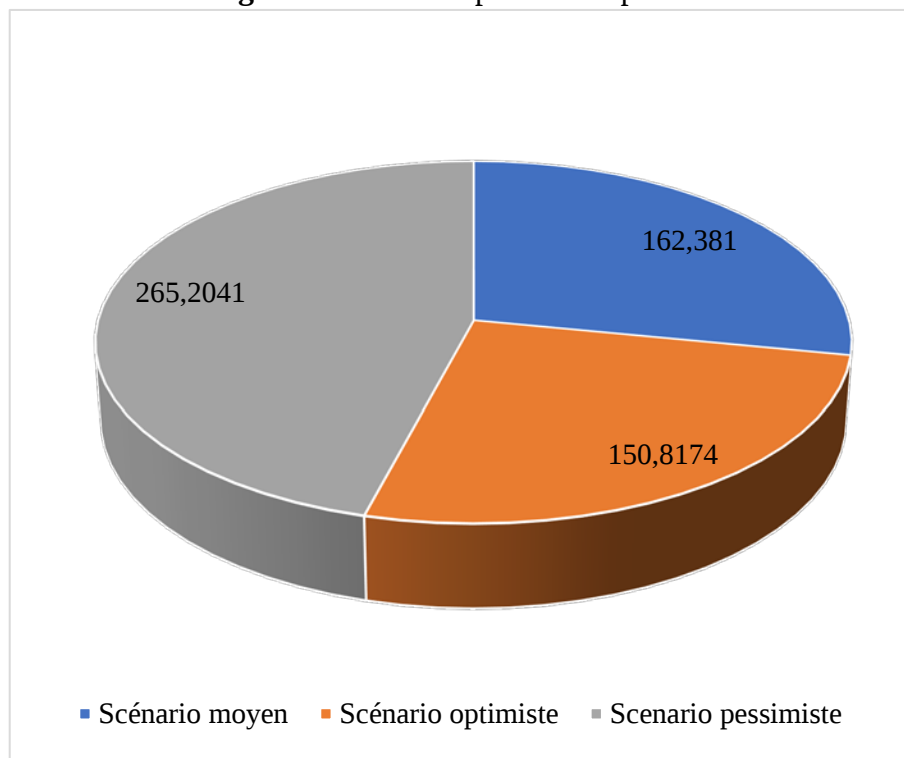
importantes, notamment sur la biodiversité, la connectivité des habitats et la résilience des écosystèmes face aux pressions anthropiques.

3.4. Analyse de la connectivité du paysage

3.4.1. Analyse de l'indice de proximité spatiale

L'analyse des indices de connectivité met en évidence des dynamiques contrastées entre les scénarios optimiste, moyen et pessimiste, traduisant des modifications significatives de l'organisation spatiale des habitats dans une perspective de *Landscape Ecology*. L'indice de proximité (PROX_MN) présente des valeurs élevées dans l'ensemble des scénarios, avec un maximum observé dans le scénario moyen (224 778,73), suivi du scénario pessimiste (127 489,31) et du scénario optimiste (110 985,84). Cette distribution suggère que, dans le scénario moyen, les taches d'habitat seront en 2050 à la fois plus vastes et spatialement plus proches, favorisant ainsi des conditions locales potentiellement propices aux interactions écologiques. Les valeurs plus faibles enregistrées dans le scénario optimiste indiqueront une moindre agrégation spatiale des taches à l'horizon 2050.

Figure 7 : indice de proximité spatiale

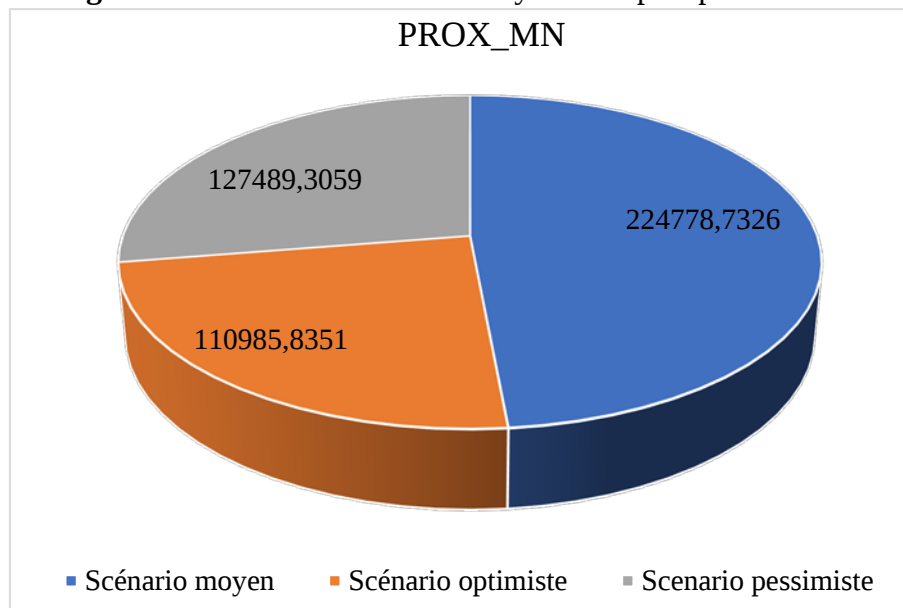


Source : Analyse de données prédites sur FRAGSTATS

3.4.2. Analyse du plus proche voisin

L'indice ENN_MN (distance euclidienne moyenne au plus proche voisin) révèle une augmentation progressive de l'isolement des taches selon le gradient des scénarios (figure 8). La distance moyenne entre les taches est de 150,82 m dans le scénario optimiste, de 162,38 m dans le scénario moyen et atteint 265,20 m dans le scénario pessimiste. Cette augmentation traduit un éloignement progressif des habitats naturels les uns par rapport aux autres, conséquence probable de l'expansion des zones anthropisées et de la régression des formations naturelles. Le scénario pessimiste se caractérise ainsi par une fragmentation plus marquée du paysage, où les taches d'habitat deviennent plus dispersées et moins accessibles pour les espèces. Les distances plus faibles observées dans les scénarios optimiste et moyen suggèrent un maintien relatif de la proximité spatiale entre les habitats, favorisant davantage les interactions écologiques et les flux biologiques.

Figure 8 : distance euclidienne moyenne au plus proche voisin



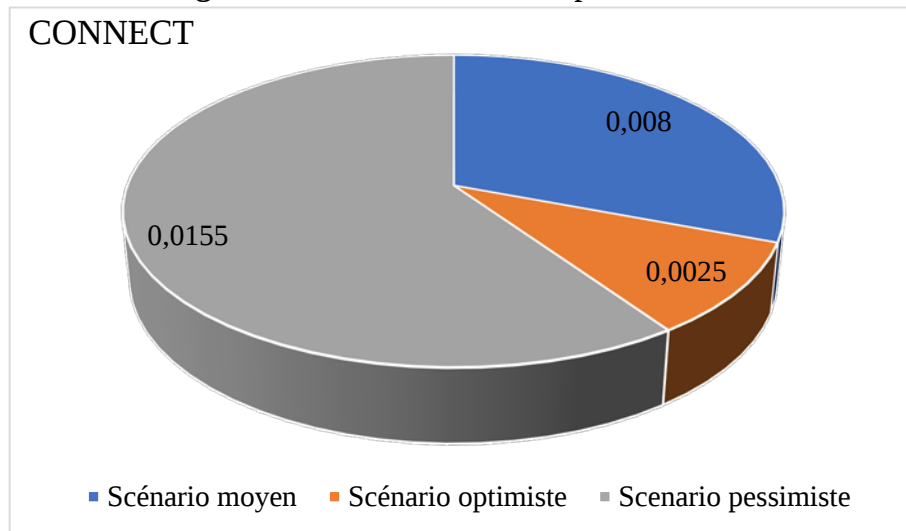
Source : Analyse de données prédites sur FRAGSTATS

3.4.3. Analyse de la connectivité spatiale

L'indice CONNECT (figure 9) présente des valeurs extrêmement faibles dans l'ensemble des scénarios (0,00 à 0,02), traduisant un très faible niveau de connectivité fonctionnelle entre les taches d'habitat. Bien que le scénario pessimiste affiche la valeur la plus élevée (0,02), cette différence demeure marginale et ne témoigne pas d'une amélioration substantielle de la connectivité écologique. Ces résultats suggèrent que les habitats naturels demeureront fortement isolés à l'horizon 2050, ce qui pourrait limiter les déplacements des espèces, réduire

les échanges génétiques entre les populations et accroître leur vulnérabilité face aux perturbations environnementales. Cette situation reflète un paysage fortement fragmenté où les taches d'habitat sont généralement séparées par des distances supérieures au seuil de connectivité retenu.

Figure 9 : indice de connexion par scénario



Source : Analyse de données prédites sur FRAGSTATS

4. Discussion

L'analyse rétrospective de la dynamique paysagère entre 1990 et 2020 constitue une étape fondamentale pour comprendre les trajectoires futures simulées à l'horizon 2050. Les changements observés durant cette période montrent une transformation progressive du paysage naturel. En effet, la région du *Nando*, initialement dominée par les formations végétales naturelles qui représentaient 66,39 % de la superficie en 1990, connaît une réduction importante des savanes (-12,76 %) principalement au profit des champs (+7,73 %) et des sols nus ou érodés (+4,91 %). Cette évolution traduit une conversion progressive des formations naturelles en espaces agricoles et en surfaces dégradées, constituant une première phase de fragmentation du paysage. Cette dynamique spatiotemporelle confirme les tendances observées dans plusieurs régions tropicales où l'expansion agricole, la croissance démographique et l'exploitation accrue des ressources naturelles constituent les principaux moteurs des changements d'occupation des terres. Selon Curtis et al. (2018), les changements d'usage des terres à l'échelle mondiale sont largement dominés par la conversion des formations naturelles en terres agricoles, entraînant une perte progressive des habitats et une modification profonde du fonctionnement des écosystèmes. Dans les paysages de savane africaine, Vancutsem et al. (2021) montrent également que l'augmentation des surfaces cultivées constitue l'un des principaux facteurs

responsables de la diminution des formations végétales naturelles, particulièrement dans les zones soumises à une forte pression démographique. La perte des savanes observée dans la région du Nando entre 1990 et 2020 (-12,76 %) apparaît ainsi comme un indicateur majeur d'une transformation structurelle du paysage. Cette tendance rejoint les conclusions de Bégué *et al.* (2018) qui soulignent que les paysages agricoles d'Afrique de l'Ouest connaissent une progression rapide au détriment des formations naturelles, avec des conséquences importantes sur la biodiversité, les services écosystémiques et la régulation hydrologique. De même, Brandt *et al.* (2020) indiquent que les savanes africaines figurent parmi les écosystèmes les plus sensibles aux changements d'usage des terres en raison de leur forte dépendance aux interactions entre climat, végétation et activités humaines. L'augmentation des sols nus et érodés (+4,91 %) constitue également un signal de dégradation progressive du fonctionnement écologique du paysage. Cette évolution montre que la conversion des savanes ne conduit pas uniquement à une extension agricole, mais peut également favoriser une dégradation secondaire des terres lorsque les pratiques d'exploitation dépassent les capacités de régénération naturelle. Ces résultats rejoignent les travaux de Cherlet *et al.* (2018) et de Le *et al.* (2020) qui mettent en évidence le rôle des changements d'occupation du sol et de la diminution du couvert végétal dans l'accélération des processus de dégradation des terres en Afrique. La diminution des forêts-galeries (-0,82 %) représente également une évolution préoccupante, car ces formations jouent un rôle essentiel dans la structuration écologique des paysages tropicaux. Leur disparition progressive peut provoquer une rupture des corridors naturels associés aux réseaux hydrographiques et renforcer l'isolement des populations animales et végétales. Les travaux de **Hilty *et al.* (2020)** montrent à ce propos que la conservation des corridors écologiques constitue un élément essentiel pour maintenir la connectivité fonctionnelle et limiter les effets négatifs de la fragmentation des habitats. Les tendances historiques observées entre 1990 et 2020 permettent ainsi d'expliquer les trajectoires futures simulées à l'horizon 2050. Le scénario pessimiste apparaît comme une prolongation logique des dynamiques actuelles, caractérisée par une diminution des habitats naturels, une augmentation de leur isolement et une perte de fonctionnalité écologique. Cette évolution est confirmée par l'analyse des indices paysagers, avec un accroissement du nombre et de la densité des taches (PD), une augmentation de la complexité des formes (LSI), une hausse de la distance moyenne au plus proche voisin (ENN_MN) et une diminution importante de la connectivité (CONNECT). Cette relation entre le changement d'occupation du sol et la fragmentation écologique est largement documentée. Selon Haddad *et al.* (2015), la fragmentation des habitats entraîne une réduction de la connectivité, une augmentation de l'isolement des fragments et une diminution de la capacité

des espèces à se déplacer dans le paysage. Oehri et al. (2024) confirment que la connectivité fonctionnelle représente un facteur déterminant dans la résilience des écosystèmes face aux changements globaux, notamment dans les paysages soumis à une forte pression anthropique. À l'inverse, le scénario optimiste suggère qu'une gestion durable des ressources naturelles pourrait inverser partiellement les tendances observées entre 1990 et 2020. L'amélioration relative de la connectivité et la réduction de l'isolement des habitats indiquent qu'une restauration écologique et une meilleure conservation des formations naturelles pourraient favoriser le maintien des processus écologiques. Cette conclusion rejoint les travaux de Zhang et al. (2021) et de Jiang et al. (2024) qui montrent que les scénarios intégrant des mesures de conservation et de restauration écologique permettent généralement de réduire la fragmentation et d'améliorer la fonctionnalité des paysages. Ainsi, l'intégration des données historiques, des métriques paysagères et des scénarios prospectifs montre que la dynamique du paysage de la région du *Nando* ne se limite pas à une simple évolution quantitative des superficies. Elle traduit également une transformation profonde de l'organisation spatiale des habitats. Le croisement des résultats révèle que la conservation de la biodiversité dépend non seulement du maintien des surfaces naturelles, mais également de leur configuration spatiale, de leur proximité et de leur capacité à assurer des connexions écologiques fonctionnelles.

Conclusion

Ces résultats mettent en évidence un paysage caractérisé par une forte cohésion structurelle, mais une faible connectivité fonctionnelle, ce qui traduit une fragmentation écologique significative. Le scénario moyen apparaît comme le plus favorable en termes de proximité et d'organisation spatiale des habitats, tandis que le scénario pessimiste accentue fortement leur isolement. Toutefois, aucun des scénarios n'atteint un niveau satisfaisant de connectivité fonctionnelle, ce qui pourrait compromettre la mobilité des espèces, la résilience des écosystèmes et le maintien des processus écologiques essentiels.

Bibliographies

- Alohou, E. C., Ouinsavi, C., & Sokpon, N. (2016). Facteurs déterminants de la fragmentation du bloc forêt classée–forêts sacrées au Sud-Bénin. *Journal of Applied Biosciences*, 101, 9618–9633.
- Brandt, M., Rasmussen, K., Peñuelas, J., Tian, F., Schurgers, G., Verger, A., ... & Fensholt, R. (2020). Human population growth offsets climate-driven increase in woody vegetation in sub-Saharan Africa. *Nature Ecology & Evolution*, 4(11), 1475–1482.

- Bégué, A., Vintrou, E., Ruelland, D., Claden, M., & Dessay, N. (2011). *Can a 25-year trend in Soudano-Sahelian vegetation dynamics be interpreted in terms of land use change?* Remote Sensing, 10(6), 940.
- Convention on Biological Diversity (CBD). (2020). *Global biodiversity framework: Ecological connectivity concept*. Convention on Biological Diversity.
- Cherlet, M., Hutchinson, C., Reynolds, J., Hill, J., Sommer, S., & Von Maltitz, G. (Eds.). (2018). *World Atlas of Desertification* (3rd ed.). European Commission.
- Curtis, P. G., Slay, C. M., Harris, N. L., Tyukavina, A., & Hansen, M. C. (2018). *Classifying drivers of global forest loss*. Science, 361(6407), 1108–1111. <https://doi.org/10.1126/science.aau3445>
- Haddad, N. M., Brudvig, L. A., Clobert, J., Davies, K. F., Gonzalez, A., Holt, R. D., ... & Townshend, J. R. (2015). *Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems*. Science Advances, 1(2), e1500052. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1500052>
- Forman, R. T. T., & Godron, M. (1986). *Landscape ecology*. Wiley.
- Haas, J. (2024). *Analyse du paysage à l'aide de métriques paysagères*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10687588>
- Hilty, J., Worboys, G. L., Keeley, A., Woodley, S., Lausche, B. J., Locke, H., Carr, M., Pulsford, I., Pittock, J., White, J. W., Theobald, D. M., Levine, J., Reuling, M., Watson, J. E. M., Ament, R., & Tabor, G. M. (2020). *Guidelines for conserving connectivity through ecological networks and corridors* (Best Practice Protected Area Guidelines Series No. 30). International Union for Conservation of Nature (IUCN). <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2020.PAG.30.en>
- Jiang, H., Li, Y., Wang, X., Zhang, Z., & Liu, J. (2024). *Ecological restoration and landscape connectivity under future land-use scenarios*. Ecological Indicators, 165, 112345.
- Le, Q. B., Nkonya, E., & Mirzabaev, A. (2020). *Biomass productivity-based mapping of global land degradation hotspots*. ZEF Discussion Papers on Development Policy, 193. Kamath, V., Brooks, H., Naidoo, R., Brennan, A., Bertzky, B., Burgess, N. D., McDermott
- Long, O., Arnell, A., & Bhola, N. (2023). Identifying opportunities for transboundary conservation in Africa. *Frontiers in Conservation Science*, 4, Article 1237849. <https://doi.org/10.3389/fcosc.2023.1237849>
- Kefalas, G., Lorilla, R. S., Xofis, P., Poirazidis, K., & Eliades, N.-G. H. (2023). Landscape characteristics in relation to ecosystem services supply: The case of a Mediterranean forest on the island of Cyprus. *Forests*, 14(7), Article 1286. <https://doi.org/10.3390/f14071286>
- Keeley, A. T. H., Beier, P., & Jenness, J. S. (2021). Connectivity metrics for conservation planning and monitoring. *Biological Conservation*, 255, Article 109008. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109008>
- Kiribou, I. A. R., Dimobe, K., & Dejene, S. W. (2025). Strengthening ecosystem sustainability and climate resilience through integrative nature-based solutions in Bontioli Natural Reserve, West African drylands. *Earth*, 6(3), Article 111. <https://doi.org/10.3390/earth6030111>
- Koudougou, S., & Kaboré, O. (2024). *Spatial analysis of structural changes and floristic distribution of forest landscapes in the Centre-West region of Burkina Faso*. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 12(9), 246–268. <https://doi.org/10.4236/gep.2024.129014>
- McGarigal, K., Cushman, S. A., & Ene, E. (2012). *FRAGSTATS v4: Spatial pattern analysis program for categorical maps*. University of Massachusetts.
- Mu, H., Guo, S., Li, X., Zhou, Y., Lü, Y., Du, X., Huang, J., Ma, C., Zhang, X., Xia, Z., Fang, H., & Du, P. (2024). Quantifying landscape connectivity gaps between protected area and natural habitats. *Journal of Cleaner Production*, 437, Article 140729. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.140729>

- Nerière, A. (2008). *Étude de la relation entre la dynamique paysagère et la diversité végétale prairiale* (Rapport de stage). ENSAIA, Institut National Polytechnique de Lorraine.
- Oehri, J., Wood, S. L. R., Touratier, E., Leung, B., & Gonzalez, A. (2024). Rapid evaluation of habitat connectivity change to safeguard multispecies persistence in human-transformed landscapes. *Biodiversity and Conservation*, 33(12), 4043–4071. <https://doi.org/10.1007/s10531-024-02938-2>
- Ouedraogo, I., Tigabu, M., Savadogo, P., Compaoré, H., Odén, P. C., & Ouadba, J. M. (2010). Land cover change and its relation with population dynamics in Burkina Faso, West Africa. *Land Degradation & Development*, 21(4), 453–462. <https://doi.org/10.1002/ldr.981>
- Penagos Gaviria, M., Kaszta, Ż., & Farhadinia, M. S. (2022). Structural connectivity of Asia's protected areas network: Identifying the potential of transboundary conservation and cost-effective zones. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(7), Article 408. <https://doi.org/10.3390/ijgi11070408>
- Sarkar, S. (2006). Ecological connectivity and biodiversity conservation. *Biological Conservation*, 131(2), 147–157.
- Turner, M. G. (1989). Landscape ecology: The effect of pattern on process. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 20, 171–197.
- Vancutsem, C., Achard, F., Pekel, J.-F., Vieilledent, G., Carboni, S., Simonetti, D., ... & Belward, A. (2021). Long-term (1990–2019) monitoring of forest cover changes in the humid tropics. *Science Advances*, 7(10), eabe1603. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abe1603>
- Vidal-Llamas, A., Acuña-Alonso, C., & Álvarez, X. (2025). Past and present in the ecological connectivity of protected areas through land cover and graph-based metrics. *Environmental Management*, 75(8), 2116–2135.
- Wegmann, M., Santini, L., Leutner, B., Safi, K., Rocchini, D., Bevanda, M., Latifi, H., Dech, S., & Rondinini, C. (2014). Role of African protected areas in maintaining connectivity for large mammals. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 369(1648), Article 20130193. <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0193>
- Wu, J. (2013). Landscape sustainability science: Ecosystem services and human well-being. *Landscape Ecology*, 28(6), 999–1023. <https://doi.org/10.1007/s10980-013-9894-9>
- Zhang, X., Wang, Y., Li, J., & Liu, Y. (2021). Effects of ecological restoration on landscape connectivity and habitat quality under future land-use scenarios. *Ecological Indicators*, 129, 107942.
- Zhao, Z., Wang, P., Wang, X., Wang, F., Tseng, T.-H., Cao, Y., Hou, S., Peng, J., & Yang, R. (2022). A protected area connectivity evaluation and strategy development framework for post-2020 biodiversity conservation. *Land*, 11(10), Article 1670. <https://doi.org/10.3390/land11101670>