



Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Dynamique spatio-temporelle de la dégradation des terres dans les communes rurales de Simiri et Tondikiwindi du département de Ouallam, région de Tillabéri (Niger)

Ousseini MOUSSA ABDOU^{1*}, Salifou SAIDOU² et Iro DAN GUIMBO¹

¹Faculté d'Agronomie, Université Abou Moumouni de Niamey, B.P. 10960 Niamey, Niger.

²Université Djibo Hamani de Tahoua, B.P. 225 Tahoua, Niger.

*Auteur correspondant ; E-mail : moussaousseini08@gmail.com ; Tel.: +227 96841844

Received: 07-07-2022

Accepted: 29-09-2022

Published: 31-10-2022

RESUME

Cette étude traite de l'occupation des sols dans les communes rurales de Simiri et Tondikiwindi dans l'ouest nigérien. L'objectif est d'analyser la dynamique de la dégradation des terres au regard de la pression continue sur les ressources naturelles. L'analyse diachronique sur la base d'une cartographie d'occupation des sols des années 1973, 1989, 2010 et 2020 a été adoptée. La classification de vraisemblance maximale du logiciel de ArcGIS 10.3 a été utilisée sur des images Landsat. La précision cartographique a été obtenue par la photo-interprétation sur la plateforme Google Earth Pro et des missions de vérité terrain. Dans la période de 1989 à 2020, l'espace occupé par la végétation ligneuse est passé de 70,11 à 24,24% et de 71,95 à 50,5% respectivement à Simiri et à Tondikiwindi. La proportion des sols nus est passée de 1989 à 2020, respectivement de 29,8 à 75,2% à Simiri et de 27,93 à 48,47% à Tondikiwindi. L'occupation des sols par les plans d'eau a évolué de 1989 à 2020 respectivement de 0,09 à 0,39% à Simiri et de 0,12 à 1,03% à Tondikiwindi. Ces résultats illustrent que les ressources ligneuses sont en dégradation dans cette partie du Niger malgré les efforts de lutte contre celle-ci.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Images Landsat, végétation, occupation du sol, Ouest du Niger.

Spatio-temporal dynamics of land degradation in the rural communes of Simiri and Tondikiwindi of the Ouallam department, Tillaberi region (Niger)

ABSTRACT

This study deals with land use in the rural communes of Simiri and Tondikiwindi in western Niger. The objective is to analyse the dynamics of land degradation in relation to the continuous pressure on natural resources. Diachronic analysis based on land use mapping of the years 1973, 1989, 2010 and 2020 was adopted. Maximum likelihood classification of ArcGIS 10.3 software was used on Landsat images. The cartographic accuracy was obtained by photointerpretation on the Google Earth Pro platform and ground truth missions. In the period from 1989 to 2020, the space occupied by woody vegetation decreased from 70.11 to 24.24% and from 71.95 to 50.5% in Simiri and Tondikiwindi respectively. The proportion of bare land increased from 1989 to 2020 from 29.8 to 75.2% in Simiri and from 27.93 to 48.47% in Tondikiwindi respectively. Land cover by water bodies changed from 1989 to 2020 from 0.09% to 0.39% in Simiri and from

0.12% to 1.03% in Tondikiwindi respectively. These results illustrate that woody resources are being degraded in this part of Niger despite efforts to control them.

© 2022 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Landsat images, vegetation, land use, West of Niger.

INTRODUCTION

Le Sahel se caractérise par des évènements pluviaux qui varient dans le temps et dans l'espace. Cette inégale répartition a été amplifiée par la réduction de près de 30% des précipitations à la fin du 20^e siècle (Sultan, 2011). L'insuffisance de la pluviométrie entraîne des chocs comme les sécheresses qui sont récurrentes, en témoignent celles des années de 1974 et de 1984 ayant marqué l'espace sahélien (Harouna, 2002). Les populations rurales deviennent de plus en plus vulnérables car la principale activité de subsistance qu'est l'agriculture pluviale, dépend de l'unique saison pluvieuse annuelle (Sultan et al., 2015).

En plus de l'insuffisance pluviométrique, l'ouest du Niger se caractérise aussi par des températures fortes avec la moyenne minimale tournant autour de 23,8°C et celle maximale autour de 37,2°C (INS, 2018). Ces températures élevées accentuent les phénomènes d'évapotranspiration qui entraînent l'assèchement des sols.

En dehors des aléas climatiques, les exploitations anthropiques deviennent de plus en plus importantes du fait de l'augmentation des populations humaines et animales. La population du Niger est passée de 5 102 990 habitants en 1977 à 17 138 707 habitants en 2012 avec 4 personnes sur 5, vivant dans les zones rurales (INS, 2015). Cela implique une augmentation des besoins vitaux (alimentaire, énergie, habitat). En effet, face à l'agriculture tribulaire des aléas climatiques, les populations se rabattent sur les ressources naturelles pour la satisfaction de leurs besoins vitaux (Ago, 2016). A ce titre, les formations forestières ont toujours constitué un réservoir de produits alimentaires et/ ou de source de revenu pendant les périodes difficiles marquées par une faible disponibilité en

vivres. Cette relation qui existe entre l'Homme et l'environnement dont les végétaux sont au centre, évolue constamment, sous la domination de facteurs comme celui de la croissance des effectifs des populations animale et humaine.

La conjugaison de la pression des êtres hétérotrophes (animaux et Homme) et des facteurs climatiques entraîne la dégradation progressive ou rapide du potentiel environnemental dont l'une des conséquences est la rupture des services écosystémiques (Issoufou et al., 2018). On constate ainsi la régression de la productivité des sols, les pénuries d'eau, la rareté voire la disparition des ressources biologiques (Sanoussi et al., 2010). De ce fait, des modifications interdépendantes s'opèrent au fil des années, conduisant à une dynamique de dégradation des milieux dont l'ultime étape est la dénudation du sol.

Au regard de la dégradation des ressources naturelles, des activités de reverdissement des terres dégradées ont été entreprises dans le pays en général et dans l'ouest du Niger en particulier. Malgré les efforts de restauration, les formations forestières continuent à subir la pression anthropique. Dès lors, il est apparu nécessaire d'étudier la dynamique de l'occupation des sols. Le présent travail a donc pour objectif d'analyser la dynamique de la dégradation des terres de 1973 à 2020.

MATERIEL ET METHODES

Zone d'étude

L'étude a été menée dans deux communes du département de Ouallam : les communes rurales de Simiri et de Tondikiwindi. Le climat est Sahélien, caractérisé par une saison sèche (froide et chaude) de 8 à 9 mois et une saison des pluies dont la durée va de 3 à 4 mois. Les deux

communes se trouvent entre les isohyètes 500 à 300 mm du sud au nord avec des sols essentiellement arénosols (Seyni, 2019). On rencontre les sols sableux dunaires, les sols latéritiques sur les plateaux et les sols hydromorphes dans les bas-fonds. Ces communes ont été choisies pour leur position au sein du département (Simiri au Sud et Tondikiwindi au Nord) d'une part et pour rester dans des bassins versants réduits d'autre part. La Figure 1 donne la localisation des deux communes.

Choix des dates et des données satellitaires

Les ligneux constituent la composante la plus déterminante dans la stabilité des écosystèmes (Ouedraogo, 2006). De ce fait, la végétation ligneuse demeure l'objet de la dynamique environnementale, particulièrement au Sahel où le tapis herbacé est absent sur une bonne période de l'année. En effet, le mois de novembre a été choisi pour la collecte des données satellitaires (images) à cause de deux raisons. La première est qu'à cette période de l'année, l'essentiel des herbacés a perdu la chlorophylle. Cela permet de discriminer la composante ligneuse de la végétation. La deuxième raison est qu'en novembre, les ligneux n'ont pas perdu leurs feuilles. On obtient de cette façon, une bonne couverture des ligneux car cette période correspond au développement maximal des frondaisons (Massaoudou et al., 2015). Pour le choix des années, il a été considéré trois (3) critères : le type d'images, l'exclusion des années de sécheresse et la résilience écologique. Pour ce qui est du type d'image, le choix a été porté sur les images Landsat à cause de leur accessibilité ainsi que de leur résolution moyenne. Elles sont idéales pour les études des écorégions car elles intègrent à la fois les attributs biophysiques et anthropiques du paysage (CILSS, 2016). Les années de sécheresse ont été exclues car elles constituent des années atypiques pour une étude de végétation. Quant à la résilience écologique, elle a été considérée comme étant le temps mis par les écosystèmes pour retrouver un certain équilibre suite à une sécheresse. Ainsi, il a été supposé que les

écosystèmes observent deux à trois ans pour retrouver l'équilibre qui prévalait avant le choc. En effet, les années retenues sont : 1973 ; 1989 ; 2010 et 2020. L'année 1973 a été retenue parce qu'elle précède la sécheresse de 1974, mieux les images de Landsat ont commencé à voir le jour à partir de 1972. Lorsqu'on considère un pas de 10 ans, la deuxième date à retenir serait 1983-84 qui constitue une année de sécheresse. Compte tenu du choc (sécheresse) et l'observation de la résilience écologique, cette date (1984) ainsi que sa période post-immédiate (1985 à 1987) ne peuvent pas être considérées, d'où le choix de l'année 1989. La troisième date retenue a été 2010 parce qu'entre 1990 et 2007, il y avait eu plusieurs chocs (sécheresse et attaque d'ennemi). Et enfin, 2020 qui est la quatrième et dernière date retenue ; son choix a été motivé par la particularité de la décennie 2010-2020. Cette dernière a été caractérisée par une absence de sécheresse et mieux, elle constitue une période marquée par des efforts à la restauration des terres dégradées dans la zone d'étude (Laminou et al., 2020).

Cartographie d'occupation des sols

La cartographie d'occupation des sols a été faite à la suite de quatre (4) opérations, à savoir le téléchargement des images satellitaires, le traitement des images, l'évaluation de la précision cartographique et l'édition finale des cartes.

Téléchargement des images

Les images satellitaires utilisées ont été acquises à partir de la plateforme satellitaire Landsat en téléchargement libre accès sur le site de l'institut d'études géologiques des États-Unis (USGS). Le processus de téléchargement était celui utilisé en télédétection. Il s'agit en effet d'un processus complexe comprenant la sélection des séquences d'images de la zone d'étude, la correction de la nébulosité, la sélection du satellite adapté et des images de la journée. C'est ainsi que des images de novembre des années retenues ont été obtenues.

Traitement et analyse des images

Le traitement des images a été effectué dans le logiciel ArcGIS 10.3. La méthode de

traitement utilisée a été celle de la classification de vraisemblance maximale à l'aide d'un algorithme incorporé dans le logiciel. En effet, cette méthode se base sur des méthodes statistiques et probabilistes. Le logiciel calcule la probabilité de chaque pixel de l'image d'appartenir à telle ou telle classe à partir des sites témoins définis sur l'image courante. La totalité de l'image est ensuite classée sur la base de ces statistiques. Cette méthode est l'une des plus grandes méthodes utilisées dans le traitement des images satellitaires notamment avec le logiciel ArcGIS ou QGIS, ou Titus.

Quant à l'analyse de l'image, elle était basée sur le théorème de Bayes de prise de décision. Celui-ci tient compte à la fois des variances et des covariances des signatures spectrales des classes lors de l'attribution de chaque cellule à l'une des classes représentées dans le fichier de signatures. En supposant que la distribution d'un exemple de classe est normale, une classe peut être caractérisée par le vecteur moyen et la matrice de covariance. Les principales étapes suivies sont l'extraction des images brutes, la composition colorée ou mosaïque en fausse image, l'extraction de la zone d'étude, la classification ou échantillonnage des différentes occupations du sol, la création de la signature spectrale, la nomenclature des classes d'occupations, le calcul des superficies des classes d'occupation, l'habillage et l'exportation de la carte. S'agissant de la nomenclature des différentes classes d'occupation (Tableau 1), elle a été définie en s'inspirant des noms conventionnels utilisés dans plusieurs travaux (Abdou et al., 2016 ; Issoufou et al., 2018 ; Abiodoun et al., 2019) sur l'occupation du sol ainsi que de la réalité de la zone d'étude, suite à une sortie de terrain qui a permis de constater les différentes classes existantes.

Les habitations humaines constituent une classe d'occupation qui n'a pas été prise en compte car les bâtis (constructions) de la zone sont quasiment faits en terre (banco) et /ou avec de la matière sèche (paille et bois). Ces matériaux dont la terre est majoritaire, ont tendance à appartenir à la classe des sols nus au regard de la perception satellitaire. Par

conséquent, l'essentiel des villages est confondu à des surfaces nues, exceptés ceux ayant une bonne couverture ligneuse (villages arborés).

Vérité terrain et Photo-interprétation

Il s'est agi de déterminer la précision des cartes établies car en dehors de la définition des classes thématiques et de l'échelle, l'interprétation des données terrain constitue la troisième composante qui détermine l'information cartographique (Saidou et Ambouta, 2020). Dans un premier temps, cette activité a consisté à faire des relevés de points de contrôle terrain, pour chacune des classes d'occupation. Pour la carte de l'année de 2020, une sortie de terrain a été effectuée pour les zones accessibles compte tenu de la situation sécuritaire qui prévaut dans la zone d'étude. Pour les années antérieures, l'utilisation du logiciel Google EarthPro a permis d'identifier les points de contrôle à l'exception de l'année 1973 en raison de l'indisponibilité d'image. En seconde étape, les points collectés ont été transformés en fichier shapefile dans le logiciel ArcGIS. Les points ont été ensuite projetés sur chaque projet de carte des différentes années. Lorsque la classe d'occupation d'un point relevé du terrain correspondait à la classe d'occupation de la carte (projet de la carte), le point a été dit point conforme. La proportion de l'ensemble des points conformes représente la précision globale de la carte. En dehors de la précision globale, le coefficient Kappa (K) été calculé pour la validité du niveau du travail cartographique. La formule ci-dessous a été utilisée pour calculer K :

$$K = \frac{(Po - Pe)}{1 - Pe} \quad \text{Où } Po \text{ proportion des points}$$

conformes ; Pe proportion des points non conformes.

Analyse

La dynamique spatio-temporelle du paysage a été déterminée grâce à une analyse diachronique des classes d'occupation des sols. Dans ce sens, les superficies de chaque classe ont été générées à partir des tables

attributaires des cartes élaborées en format vecteur.

Après avoir obtenu les superficies des classes d'occupation du sol des différentes dates, il a été procédé au calcul du taux d'évolution annuel (T) entre les dates consécutives suivant la formule ci-après (Oloukoi et al., 2007) :

$$\text{où } T = \frac{(\ln S_{i+1} - \ln S_i)}{t \times \ln e} \times 100$$

S_i: superficie de la classe d'occupation à la date **i** ;

S_{i+1}: superficie de la classe d'occupation à la date suivante ;

T: nombre d'années qui sépare les dates d'observation **S_i** et **S_{i+1}**.

Ln: logarithme népérien ;

e: base des logarithmes népériens (e = 2,71828).

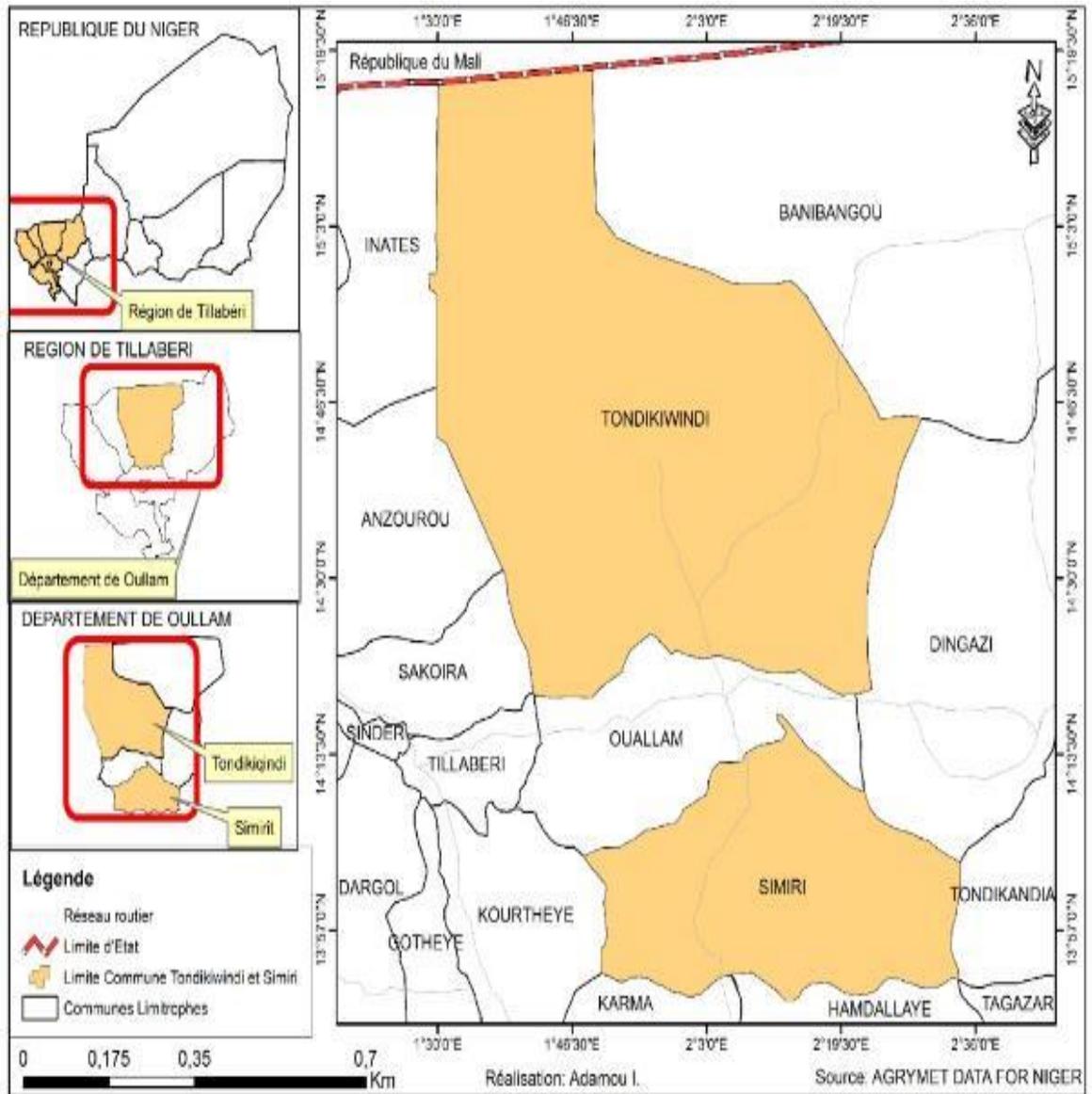


Figure 1 : Localisation des communes de Simiri et de Tondikiwindi.

Tableau 1 : Nomenclature des classes d'occupation.

Classes d'occupation	Contenus
Végétation	Regroupe toutes les unités relatives aux formations forestières ligneuses. C'est la végétation naturelle localisée sur les différentes unités paysagères (bas-fond, végétation ripicole et brousse tigrée).
Sol nu	Regroupe les surfaces (dunaires, rocheuses) dénudées, sans végétation chlorophyllienne. C'est le cas des plateaux dégradés.
Plan d'eau	Points d'eau de surface temporaires ou permanents tels que les bas-fonds inondés ou les mares, ayant de l'eau à la date de prise de l'image par le satellite.

RESULTATS

Précision du travail cartographique

Le Tableau 2 donne les précisions et le coefficient K des cartes d'occupation des sols des deux communes. La précision globale des différentes cartes varie de 60 à 86,67%. Cela implique que le niveau de qualité des cartes est acceptable pour analyser et interpréter les informations ou données issues de cette cartographie de la dynamique paysagère. Avec une variation de 0,33 à 0,85, le coefficient Kappa oscille entre accord faible et accord presque parfait. On constate que les cartes de l'année 2020 ont les meilleurs coefficients Kappa.

Etat de l'occupation des sols

La dynamique de l'occupation des sols à l'échelle communale est donnée par les cartes des différentes dates (Figures 2 et 3). Les couleurs verte, beige et bleue, représentent respectivement la végétation, les sols sans végétation et les surfaces en eau.

Cas de la commune de Simiri

Dans la commune de Simiri (Figure 2), il a été remarqué une reconstitution de la végétation entre l'année 1973 à 1989. L'évolution à sens unique des trois classes d'occupation n'est observable qu'à partir de l'année 1989. La tendance qui se dégage est la régression progressive de la végétation au profit des sols nus et aux plans d'eau qui augmentent. La cartographie de l'année 1973 est caractérisée par l'absence de la classe des plans d'eau. Aussi, on constate une distribution presque équitable de la végétation et des sols nus. Au regard de la dynamique qui se dégage à partir de la cartographie de 1989, l'année 1973 est atypique.

L'occupation de l'année 1989 est dominée par la végétation. Les sols nus ont régressé comparativement à l'année 1973. On note la présence des plans d'eau dont l'occupation du sol va évoluer au détriment des sols nus.

L'année 2010 est surtout marquée par l'augmentation des surfaces en eau avec l'apparition d'un réseau hydrographique qui divise presque la commune en deux. Dans le même temps, les sols nus sont passés de 29,8 à 59,34%, au détriment de la végétation qui est passée de 70,11 à 40,32%. Cette dynamique se conserve jusqu'en 2020. Il ressort de l'état d'occupation des sols de l'année 2020 que la proportion des sols nus a atteint 2/3 de la commune. Le lit majeur du réseau hydrographique s'est exprimé davantage.

Cas de la commune de Tondikiwindi

Dans la forme, la commune de Tondikiwindi (Figure 3) partage la même dynamique avec la commune de Simiri de 1973 à 2020. A l'instar de l'état d'occupation des sols de la commune de Simiri, les plans d'eau ne figurent pas sur la carte d'occupation de la commune de Tondikiwindi de 1973. La végétation occupe 55% de la commune contre 45% pour les sols nus. La différence entre les proportions de la végétation et des sols nus, a été nettement observée en 1989.

En 1989, la végétation et les sols nus occupent respectivement 71,95 et 27,93% de la superficie totale de la commune. Les surfaces en eau occupe 0,12%. Tout comme la commune de Simiri, les différentes tendances évoluent en sens unique à partir de la cartographie de l'année 1989. La végétation

va régresser, les sols nus et les plans d'eau vont à leur tour progresser.

La carte d'occupation de l'année 2010 de la commune de Tondikiwindi est aussi caractérisée par l'augmentation des surfaces en eau qui s'expriment en points assimilables à des mares. Parallèlement, de 1989 à 2010, les sols nus sont passés de 27,93 à 43,7% et la végétation de 71,95 à 56%. Cette dynamique a été maintenue jusqu'en 2020.

Les sols nus et les plans d'eau ont continué leur progression qui nettement visible sur la carte de l'année 2020. Comme pour la commune de Simiri, on constate de plus en plus la formation des réseaux hydrographiques. L'expression de ces plans d'eau va de pair avec l'augmentation des sols nus.

Dynamique spatiale des classes d'occupation des sols

De par leur interdépendance, les superficies de la végétation et des sols nus, évoluent en sens opposé. Les Tableaux 3 et 4

donnent les superficies des classes d'occupation respectivement pour les communes de Simiri et de Tondikiwindi.

La tendance générale dégagée par les Tableaux 3 et 4, montre qu'à partir de l'année 1989, la végétation régresse par opposition aux autres classes d'occupation. La tendance générale étant connue, le taux annuel d'évolution des classes d'occupation entre les différentes années est donné par le Tableau 5.

Les taux négatifs et positifs représentent respectivement une régression et une progression. Le taux annuel d'évolution montre que la régression ou la progression d'une classe d'occupation n'est pas constante. Le taux d'évolution sur la période 1989-2020 démontre que la pression sur la végétation est beaucoup plus importante dans la commune de Simiri que dans celle de Tondikiwindi. Avec 2,99 et 1,78% de taux d'évolution des sols nus de Simiri et de Tondikiwindi, respectivement la propagation des sols nus est moins importante dans la commune de Tondikiwindi, comparée à celle de Simiri.

Tableau 2 : Précision et coefficient Kappa des cartes.

Commune de Simiri					Commune de Tondikiwindi			
Année	1989				1989			
Classes	NP	PC	Pr (%)	Kc	NP	PC	Pr (%)	Kc
Sol nu	10	3	30	-1,33	10	5	50	0
Végétation	10	6	60	0,33	10	10	100	1
Plan d'eau	10	9	90	0,89	10	5	50	0
PG				60				66,67
K	0,33				0,33			
Année	2010				2010			
Sol nu	10	7	70	0,57	10	3	30	-1,33
Végétation	10	7	70	0,57	10	9	90	0,89
Plan d'eau	10	10	100	1	10	6	60	0,33
PG				80				60
K	0,75				0,33			
Année	2020				2020			
Sol nu	20	17	85	0,82	10	8	80	0,75
Végétation	17	17	100	1,00	10	10	100	1
Plan d'eau	16	9	56,25	0,22	10	8	80	0,75
PG				81,13				86,67
K	0,77				0,85			

NP : Nombre de points total, PC : Nombre de points conformes, Pr : Précision par classe, PG : Précision globale de la carte, Kc : Coefficient Kappa par classe, K : Coefficient Kappa global.

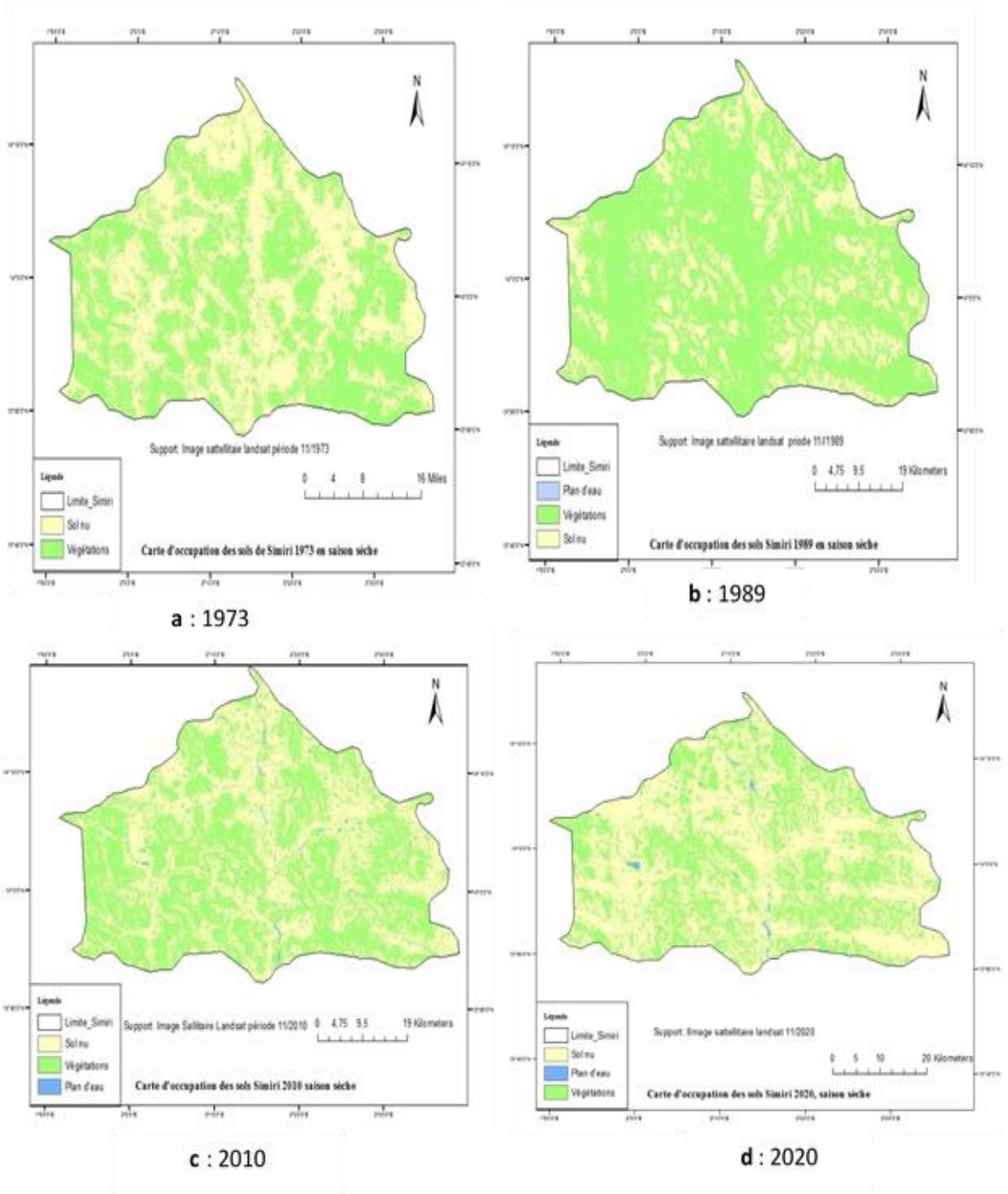


Figure 2 : Classes d'occupation de la commune de Simiri de 1973 à 2020.

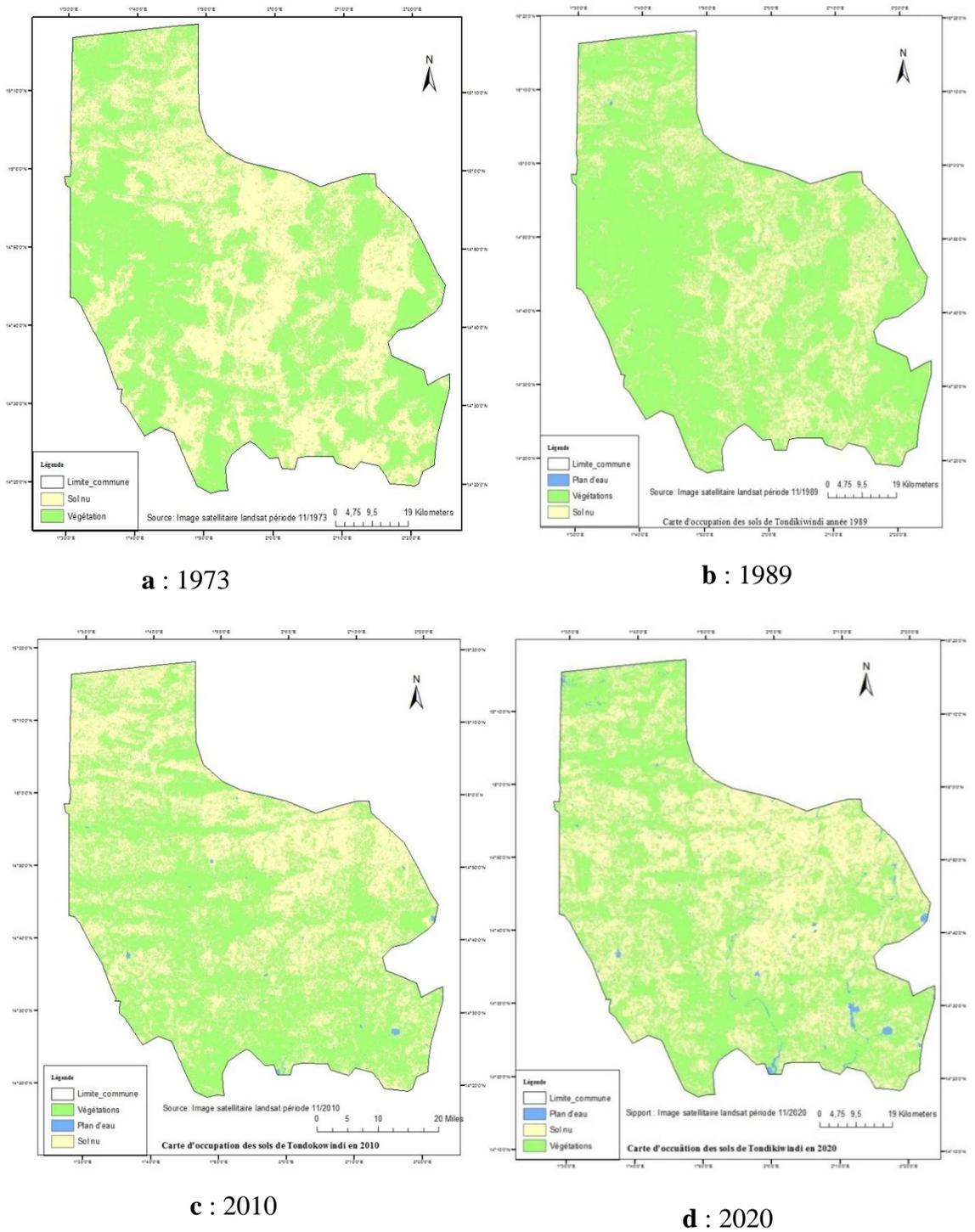


Figure 3 : Classes d'occupation de la commune de Tondikiwindi de 1973 à 2020.

Tableau 3 : Superficies et proportions des classes d'occupation de la commune de Simiri.

Années	1973		1989		2010		2020	
	S (ha)	P (%)						
Plan d'eau	0,00	0,00	222,93	0,09	838,41	0,34	957,81	0,39
Sol nu	126 291,41	50,81	74 067,95	29,80	147 521,94	59,34	186 944,34	75,20
Végétations	122 278,44	49,19	174 290,58	70,11	100 235,77	40,32	60 699,89	24,42
Total	248 569,86	100	248 581,45	100	248 596,12	100	248 602,04	100

S : Superficie P : Proportion.

Tableau 4 : Superficies des classes d'occupation de la commune de Tondikiwindi.

Années	1973		1989		2010		2020	
	S (ha)	P (%)	S (ha)	P (%)	S (ha)	P (%)	S (ha)	P (%)
Plan d'eau	0,00	0,00	844,43	0,12	1712,88	0,24	7194,61	1,03
Sol nu	314726,93	45,00	195186,36	27,93	305559,60	43,70	338991,81	48,47
Végétations	384593,06	55,00	502893,54	71,95	391909,11	56,05	353138,43	50,50
Total	699319,98	100	698924,3245	100	699181,5852	100	699324,8405	100

S : Superficie P : Proportion.

Tableau 5 : Taux annuels d'évolution des classes d'occupation.

Taux annuel	Commune de Simiri			Commune de Tondikiwindi		
	Plan d'eau	Sol nu	Végétation	Plan d'eau	Sol nu	Végétation
1973-1989	-	-3,34	2,22	-	-2,99	1,68
1989-2010	6,31	3,28	-2,63	3,37	2,13	-1,19
2010-2020	1,33	2,37	-5,02	14,35	1,04	-1,04
1973-2020	-	0,83	-1,49	-	0,16	-0,18
1989-2020	4,70	2,99	-3,40	6,91	1,78	-1,14

DISCUSSION

Précision de l'étude cartographique

La précision globale des cartes variant de 60 à 86,67% est une précision satisfaisante. Les cartes de l'année 2020 ont les meilleures précisions. Ce résultat serait lié à la qualité de l'image satellitaire (image LandsatOLI8) et à la prise des points de vérité terrain. Le coefficient Kappa varie de 33 à 85%. La borne inférieure observée au niveau des cartes de 1989, pourrait être liée à la qualité des images Google EarthPro. Saidou et Ambouta (2020) ont trouvé une précision globale et un coefficient Kappa, allant respectivement de 54,99 à 90,05% et de 58,31 à 89,30% au cours de leur étude sur la dynamique paysagère respectivement dans les communes d'Aguié et d'Ibohamane (Niger). Aussi, Sadda et al. (2016) ont trouvé une précision globale et Kappa, allant respectivement de 77 à 91% et de 67 à 82% à Tibiri (Maradi/Niger).

Les résultats obtenus dans cette étude sont assez proches des ceux trouvés par les auteurs sus cités, puisque ces études ont globalement concerné des zones relativement proches du point de vue paysagère.

Dynamique de la végétation

Les différents résultats indiquent que le paysage a connu des mutations dont les plus évidentes constituent la régression de la végétation et l'augmentation des sols nus. S'agissant de la contribution de la végétation à la superficie totale de la zone d'étude, elle passe de 70,11% en 1989 à 24,42% en 2020 pour la commune de Simiri et de 71,95 à 50,5% pour celle de Tondikiwindi. Ces emprises de la végétation à l'échelle communale ont relevé que la commune de Simiri a moins de végétation (24,42% en 2020) que celle de Tondikiwindi (50,5% en 2020). Les deux communes partageant les mêmes conditions biophysiques, cette différence serait liée d'une part à la position de la commune de Simiri par rapport à Niamey (capitale du pays) qui faisait d'elle l'une de ses zones d'approvisionnement en bois d'énergie et de services et d'autre part à la densité humaine qui est de 46 hts/km² à Simiri contre 10,5 hts/km² à Tondikiwindi

(INS, 2015). En 2022, cette densité serait de 66,17 hts/km² et 13,43 hts/km² respectivement pour la commune de Simiri et de Tondikiwindi. Dans leur travail sur l'évolution de l'occupation des sols dans la partie nord du dallo Bosso (Filingué et Balleyara, de Tillabéri-Niger), Issoufou et al. (2018) ont trouvé la régression des formations végétales naturelles (brousse tigrée et steppe) passant de 28,79% en 1972 à 12,15% en 2016 de la surface totale de la zone d'étude. Dans le sud-ouest nigérien, Mamane et al. (2018) ont obtenu la régression des formations forestières dans leur étude sur la dynamique spatio-temporelle d'occupation du sol dans la Réserve Totale de Faune de Tamou (RTFT). Ainsi, ces formations forestières étaient passées de 92,78% en 1975 à 68,54% en 2013 de la surface de la RTFT. Par ailleurs, Avakoudjo et al. (2014) ont trouvé que les formations forestières ont régressé de 22,70% à 17,00% entre 1972 et 2008 dans leur étude sur la dynamique de l'occupation du sol dans le Parc National du W et sa périphérie au nord-ouest du Bénin. C'est dire que la tendance à la dégradation des formations forestières est vive pour les zones situées à proximité des grandes agglomérations du fait du prélèvement important des ressources forestières.

La régression des formations végétales, particulièrement celles ligneuses, indique que la disparition complète de la végétation est possible puisque plusieurs travaux ont rapporté la disparition des formations végétales. Dans leur travail, Brun et al. (2018) qui ont étudié la dynamique de l'occupation du sol dans des zones humides (Sud-Benin), ont relevé que la savane arbustive qui occupait 11,47% de la superficie totale des zones humides en 1990, a complètement disparu en 2014. La régression de la végétation ligneuse se traduit par sa conversion en une autre classe d'occupation notamment celles des sols nus, des zones agricoles et des plans d'eau.

Dynamique des sols nus

En ce qui concerne les sols nus, ils augmentent dans le temps. Dans la commune de Tondikiwindi, ils passent de 27,93% en

1989 à 48,47% en 2020 de la superficie totale de la zone. S'agissant de la commune de Simiri, la classe des sols nus évolue de 29,80% en 1989 à 75,20% en 2020. Au Sahel, compte tenu de la multitude et de l'interaction des facteurs influençant la dynamique de l'occupation du sol, les superficies des sols nus sont assujetties à une augmentation.

En effet, l'augmentation des sols nus est d'autant plus normale lorsqu'on sait que l'anthropisation du milieu est de plus en plus progressive. Les zones des cultures pluviales dont l'essentiel fait partie des sols nus dans le contexte de cette étude, augmentent au fil du temps. Cette progression des superficies culturales est par ailleurs synonyme de progression des sols nus. Or, l'évolution positive des superficies agricoles est généralement rapportée par les études portant sur l'occupation du sol. Ainsi, Issoufou et al. (2018) dont la zone d'étude partage quasiment le même contexte que le présent travail (Nord-Tillabéri/Niger), ont trouvé que les terres agricoles étaient passées de 164 772 en 1972 à 200 697 ha en 2016, soit un accroissement de 22%.

Cependant, en même temps que ces surfaces agricoles pluviales évoluent, elles subissent une dégradation sous l'effet de l'érosion. Dans son étude sur l'érosion en milieu sableux cultivé au Sahel (Niger), Abdourhamane (2011) a trouvé que l'érosion éolienne déplace des quantités considérables de terres, estimées en moyenne à 130 t/an. Faran (2004) a également étudié l'érosion éolienne dans le Zarmaganda (Niger), il avait trouvé qu'en une heure, le vent peut déplacer sur des sols sableux dénudés, près d'une trentaine de kilogrammes de sable sur une largeur de 1 m et une hauteur de 10 cm. Cette activité éolienne rend le sol des champs improductif (formation des glacis) mais aussi les parcours pastoraux par l'encroûtement. Les résultats auxquels sont parvenus Issoufou et al. (2018), font état d'une augmentation vertigineuse des sols nus qui étaient passés de 666 en 1972 à 4 189 ha en 2016, soit une hausse de plus de 500%.

D'autre part, on remarque que le taux annuel d'évolution des sols nus dans

l'intervalle 2010-2020 est inférieur à la moyenne annuelle de la période 1989-2020. Pour la commune de Simiri, les taux de ces deux intervalles sont respectivement de 2,37 et 4,70%. A Tondikiwindi, ils sont respectivement de 1,04 et 1,78%. Ces résultats pourraient être la contribution des espaces nus revégétalisés à travers les activités de récupération des terres dégradées au cours de la décennie 2010-2020 dans la zone. Lorsque d'importantes superficies sont traitées, on obtient des impacts au niveau local. Au Burkina Faso, Millogo et al. (2017) ont trouvé que la superficie des zones nues estimée à 214 ha en 1982, a disparu entre 1995 et 2008. Cette disparition a été l'une des retombées de l'aménagement des sites par le biais des techniques de conservation des eaux et des sols (CES) dans le terroir.

Dynamique des plans d'eau

S'agissant des plans d'eau, ils ont connu une progression entre 1989 et 2020, respectivement de 0,12 à 1,03% pour la commune de Tondikiwindi et de 0,09 à 0,39% pour celle de Simiri. La pluviométrie est le principal facteur climatique de la dynamique des écosystèmes terrestres ouest-africains (Ago, 2016).

En dehors de la pluviométrie, les érosions constituent un facteur de la dynamique des surfaces en eau. A ce titre, Mamadou (2012) confirme qu'à l'échelle des petits bassins versants élémentaires, la régression de la couverture végétale conduit à une activité de l'érosion hydrique dont la conséquence est l'apparition de zones de dépôts sableux sur les replats et les bas-fonds, rétrécissant ainsi les lits des surfaces d'eau.

En effet, il peut y avoir la progression tout comme la régression de la classe des plans d'eau dans la dynamique de l'occupation du sol. A ce titre, des auteurs comme Moussa et al. (2020), ont obtenu une évolution de 0,70 à 2,23% des mares entre 1973 et 2018, suite à leur étude de la dynamique hydro-géomorphologique des mares dans l'ouest nigérien.

Concernant les travaux ayant obtenu la régression des superficies des surfaces en eau,

Biga et al. (2020), dans leur étude sur la dynamique de l'occupation des sols des communes de Gothèye et Torodi (Tillabéri-Niger), ont rapporté qu'entre 1984 et 2017, les plans d'eau ont régressé de 344,19 ha (23,16%) à Gothèye et de 376,33 ha (11,67%) à Torodi. Le travail de Abdou et al. (2016) au Mali, a montré que la classe d'occupation des eaux était passée de 9,9 en 1987 à 0,98% en 2013. Au Bénin, Abiodoun et al. (2019) ont obtenu la régression de la classe d'occupation des plans d'eau, passant de 0,38 à 0,31% entre 1986 et 2015. La régression des plans d'eau pourrait être due au phénomène de l'ensablement par le biais des érosions hydrique et éolienne.

Conclusion

L'étude diachronique de l'occupation du sol a relevé que la végétation est en régression au profit de la progression de la classe des sols nus. Cette dynamique est fonction de la zone car elle est influencée par des facteurs locaux comme l'anthropisation. Dans la commune de Simiri, la végétation subit plus de pression comparée à celle de la commune de Tondikiwindi. Ce qui explique en partie la dynamique des surfaces en eau.

La dégradation risque d'être irréversible si les effets conjugués des facteurs climatiques et anthropiques s'accroissent au fil du temps. Cela suggère qu'une attention particulière doit être accordée à la gestion durable des ressources ligneuses surtout que leur réduction est la principale cause de l'érosion de la biodiversité.

La gestion de l'arbre s'impose par la protection ainsi que la promotion. A ce titre, la pratique de la Régénération Naturelle Assistée (RNA) dans les champs agricoles et les efforts de restauration à grande échelle des terres dégradées, doivent être encouragés davantage. Par ailleurs, les alternatives comme les énergies renouvelables (solaire, hydrique et éolienne) sont à promouvoir en vue de réduire l'utilisation du bois d'énergie.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont pas d'intérêts concurrents.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Dans le cadre de cette étude, OMA a élaboré le protocole de recherche, collecté les données satellitaires et du terrain et aussi rédigé le manuscrit. SS a traité les images et a participé au plan de la rédaction. IDG a dirigé ce travail et a apporté des suggestions dans la conduite des différentes activités et l'amélioration du manuscrit. Enfin, les trois auteurs ont participé à la relecture ainsi qu'à la validation du document.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Programme Alimentaire Mondial (PAM) pour l'appui financier qui a permis ces travaux de recherche.

REFERENCES

- Abdou B, Souleymane ST, Baba C, Cheick Hamalla D, Moriké D, Alou T, Sidi D. 2016. Pressions anthropiques et dynamique d'occupation des terres dans le terroir de Ziguéna, zone cotonnière du Mali. *European Scientific Journal*, **12(5)**: 90-99. DOI: 10.19044/esj.2016.v12n5p90
- Abdourhamane TA. 2011. Erosion en milieu sableux cultivé au Niger : dynamique actuelle et passée en liaison avec la pression anthropique et les changements climatiques. Thèse de Doctorat, Université de Bourgogne, Dijon, 224 p.
- Abiodoun FA, Boko PM, Zodekon RA. 2019. Télédétection, SIG et dynamique de l'occupation des terres dans le département de Zou. *Passages de Paris*, **17(2019)**: 221-235.
- Ago E. 2016. Dynamique des flux de carbone entre l'atmosphère et des écosystèmes Ouest-Africains : cas des forêts et savanes sous climat soudanien au BENIN. Thèse de Doctorat, Université de Liège Gembloux Agro Bio Tech, Bruxelles, 184 p.

- Avakoudjo J, Mama A, Toko I, Kindomihou V, Sinsin B. 2014. Dynamique de l'occupation du sol dans le Parc National du W et sa périphérie au Nord-Ouest du Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **8**(6): 2608-2625. DOI: 10.4314/ijbcs.v8i6.22
- CILSS (Comité Permanent Inter-états de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel). 2016. Les paysages de l'Afrique de l'ouest : une fenêtre sur un monde en pleine évolution. U.S. Geological Survey EROS, United States, 219 p.
- Biga I, Amani A, Soumana I, Bachir M, Mahamane A. 2020. Dynamique spatio-temporelle de l'occupation des sols des communes de Torodi, Gothèye et Tagazar de la région de Tillabéry au Niger. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **14**(3): 949-965. DOI: <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v14i3.24>
- Brun L, Gaudence D, Gibigaye M, Tente B. 2018. Dynamique de l'occupation du sol dans les zones humides de la commune d'Allada au Sud-Benin (Sites Ramsar 1017 Et 1018). *European Scientific Journal*, **14**(12): 59-77. DOI: 10.19044/esj.2018.v14n12p59
- Faran MO. 2004. L'érosion éolienne dans le Zarmaganda (Niger) / Wind erosion in Zarmaganda. *Revue de Géographie Alpine*, **92**(1): 71-82. DOI: <https://doi.org/10.3406/rga.2004.2279>
- Harouna M. 2002. De la migration circulaire à l'abandon du territoire local dans le Zarmaganda (Niger) », *Revue Européenne des Migrations Internationales*, **18**(2): 1-23. DOI: 10.4000/remi.1662
- INS (Institut National de la Statistique). 2015. Etat et structure de la population du Niger en 2012. Données du recensement général de la population et de l'habitat de 2012, Niger, 54 p.
- INS. 2018. Le Niger en chiffre. INS, Niger, 88 p.
- Issoufou M, Boureïma O, Ado D. 2018. Evolution de l'occupation des sols dans la partie nord du dallol Bosso, départements de Filingué et Balleyara, région de Tillabéri-Niger. *European Scientific Journal*, **14**(30): 391-407. DOI: 10.19044/esj.2018.v14n30p391
- Laminou MO, Amani A, Dan Guimbo I, Rachidi AH, Mahamane A. 2020. Impacts des banquettes dans la récupération des terres dégradées au Niger. *Journal of Applied Biosciences*, **151**: 15510-15529. DOI: 10.35759/JABs.151.1
- Mamadou I. 2012. La dynamique accélérée des koris de la région de Niamey et ses conséquences sur l'ensablement du fleuve Niger. Thèse de Doctorat, Université Abdou Moumouni, Niamey, 290 p.
- Mamane B, Amadou G, Barage M, Comby J, Ambouta JMK. 2018. Dynamique spatio-temporelle d'occupation du sol dans la Réserve Totale de Faune de Tamou dans un contexte de la variabilité climatique (Ouest du Niger). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **12**(4): 1667-1687. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v12i4.13>
- Massaoudou M, Larwanou M, Mahamane S. 2015. Caractérisation des peuplements ligneux des parcs à *Faidherbia albida* (Del) A. Chev. et à *Prosopis africana* (Guill., Perrot et Rich.) Taub. du centre-sud nigérien. *Journal of Applied Biosciences*, **94**: 8890-8906. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v94i1.6>
- Millogo D, Nikiema A, Koulibaly B, Zombre NP. 2017. Analyse de l'évolution de l'occupation des terres à partir de photographies aériennes de la localité de Loaga dans la province du Bam, Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **11**(5): 2133-2143. DOI: 10.4314/ijbcs.v11i5.16
- Moussa IA, Hassane B, Wagani I, Abdourhamane TA, Abdoulaye A, Garba Z. 2020. Dynamique hydro-

- géomorphologique des mares et de l'occupation des sols de 1973 à 2018 dans la commune de Dogonkiri, Dosso. *International Journal of Applied Research*, **6**(12): 294-300.
- Ouedraogo A. 2006. Diversité et dynamique de la végétation ligneuse de la partie orientale du Burkina Faso. Thèse de Doctorat, Université de Ouagadougou, Ouagadougou, 196 p.
- Sadda AS, Diouf A, Lawali S, Ouedraogo M, Bogaert J, Mahamane A. 2016. Pression anthropique et dynamique paysagère en zone rurale semi-aride: Cas de la commune de Tibiri, région de Maradi (Niger). *Tropicultura*, **34**(2): 127-39.
- Saidou S, Ambouta JMK. 2020. Recent landscape dynamic in the anthropized Sahel zone's: from degradation to greening, case study of Aguié and Ibohamane municipalities. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, **13**(12): 08-26. DOI: 10.9790/2380-1312030826
- Sanoussi A, François A, Sidi OM. 2010. Evolution récente de la population, de l'occupation des sols et de la diversité floristique sur un terroir agricole du Sud-Ouest du Niger. *Sciences & Nature*, **7**(2): 119-129.
- Seyni BB. 2019. Hétérogénéité spatiale et fonctionnelle de surface du sol et son influence sur la production du niébé dans les exploitations familiales au Niger. Thèse de Doctorat, Université Abdou Moumouni de Niamey (Niger) et Université de Reims Champagne-Ardenne, Reims, France, 318 p.
- Sultan B, Roudier P, Traoré S. 2015. Les impacts du changement climatique sur les rendements agricoles en Afrique de l'Ouest. IRD, Marseille, p. 209-225.
- Sultan B. 2011. L'étude des variations et du changement climatique en Afrique de l'Ouest et ses retombées sociétales. Thèse HDR (Habilitation à Diriger des Recherches), Université Pierre et Marie Curie, Paris, 137 p.