



Original Paper

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

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

Dynamique spatio-temporelle de l'occupation des sols des communes de Torodi, Gothèye et Tagazar de la région de Tillabéry au Niger

Ibrahim BIGA^{1*}, Abdou AMANI¹, Idrissa SOUMANA¹, Mourtala BACHIR² et Ali MAHAMANE³

¹Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (NRAN), BP : 429 Niamey-Niger.

²Centre National de Surveillance Ecologique et Environnementale (CNSEE), BP : 11870 Niamey- Niger.

³Université de Diffa, BP : 78 Diffa-Niger.

*Auteur correspondant ; E-mail : ibrahim_biga@yahoo.fr

RESUME

L'homme à travers ses actions dénature fortement l'occupation des sols engendrant une modification du milieu naturel. Cet impact rend la nécessité de fournir aux autorités communales les cartes d'occupations des sols et des informations relatives à leurs état et dynamique. C'est dans cette optique qu'une étude de l'occupation des sols a été conduite dans trois communes de l'Ouest Nigérien. Elle a pour objectif de cartographier et d'analyser la dynamique de l'occupation des sols de ces communes à partir des images Landsat de 1984 et 2000 et celles de sentinelle 2A de 2017. La classification supervisée par maximum de vraisemblance a été appliquée et la dynamique a été analysée à partir des courbes et des calculs de superficies. Les résultats cartographiques ont permis l'établissement des cartes d'occupation des sols par commune. L'analyse de la dynamique de l'occupation des sols montre que les superficies des formations végétales et les jachères régressent sur l'ensemble de la zone d'étude. Les cultures et bâtis progressent respectivement de 180,96% et 119, 81% à Torodi, 65,69% et 205,42% à Tagazar et 98,82% et 143,15% à Gothèye. IL en est de même pour les zones dégradées et les plans d'eau qui connaissent des progressions et des régressions sur l'ensemble de la zone d'étude. Les L'agriculture, l'exploitation du bois d'énergie et la démographie sont les principaux facteurs de dégradation et de mutation du paysage. Ces résultats peuvent servir de base pour définir les zones prioritaires en vue de la restauration des zones dégradées et l'aménagement des formations naturelles.

© 2020 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Télédétection, SIG, Cartographie, dégradation.

Spatio-temporal dynamics of the land use of Torodi, Gothèye and Tagazar township in the Tillabery region of Niger

ABSTRACT

Man through his actions strongly distorts the use of land, causing a change in the natural environment. This impact makes it necessary to provide municipalities with land use maps and information relating to their condition and dynamics. It is with this in mind that a study of land use was carried out in three communes in western Niger. Its objective is to map and analyze the dynamics of the land use of these municipalities from the

Landsat images of 1984 and 2000 and those of sentinel 2A from 2017. The supervised classification by maximum likelihood was applied and the dynamics was analyzed from curves and area calculations. The cartographic results made it possible to draw up land use maps by municipality. Analysis of the dynamics of land use shows that the areas of plant formations and fallows are declining over the entire study area. Crops and buildings rose respectively by 180.96% and 119, 81% in Torodi, 65.69% and 205.42% in Tagazar and 98.82% and 143.15% in Gothèye. The same is true for degraded areas and bodies of water which are experiencing increases and regressions over the entire study area. Agriculture, the exploitation of energy wood and demography are the main factors of degradation and mutation of the landscape. These results could serve as a basis for defining priority intervention areas for the restoration of degraded areas and the management of agroforestry forests and parks.
© 2020 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Remote sensing, GIS, Cartography, degradation.

INTRODUCTION

L'agriculture, secteur le plus important de l'économie du Niger, constitue la principale source de revenus pour plus de 80% de la population. Cette agriculture est considérée comme une agriculture « minière » en ce sens qu'elle prélève du sol, chaque année, plus d'éléments nutritifs qu'elle n'en retourne (Abdoul-Habou et al., 2016) avec comme conséquence une diminution de la fertilité des sols et des rendements de culture.

Pour subvenir à leurs besoins croissants, les populations rurales, pauvres dans leur majorité, n'ont d'autres choix que d'étendre leurs zones de culture au détriment des zones boisées qui ont un rôle multiple. Il s'agit entre autres de l'atténuation du changement climatique par la séquestration du carbone, la protection des sols contre les facteurs de l'érosion éolienne et hydrique, la conservation des habitats naturels et bien d'autres services écosystémiques.

Le déboisement induit un changement de l'occupation des sols, une transformation des écosystèmes naturels et par conséquent une perte potentielle du capital productif naturel. Il entraîne également une fragmentation des écosystèmes, la perte de connectivité et l'isolement des habitats naturels par les cultures et les infrastructures, limitant la satisfaction des besoins vitaux de la faune et la flore en termes de déplacements et de dispersion et participe ainsi à l'érosion de la biodiversité et à la dégradation des habitats naturels concernés (Alohou et al., 2016).

Aujourd'hui, près de 50% des surfaces terrestres non recouvertes par la glace ont subi des changements d'occupation et d'usage des sols (Samuel, 2014). Les changements d'occupation des sols dans les régions sahéliennes, comme le Niger, prennent une ampleur sans précédent depuis les dernières décennies, rendant l'intérêt de documenter l'état des écosystèmes locaux particulièrement important (OSS, 2013).

L'étude de la dynamique de l'occupation du sol à travers l'analyse diachronique multi-dates des cartes d'occupation du sol s'avère de plus en plus indispensable, à la fois pour la connaissance d'un territoire et pour son aménagement (Jofack et al., 2016).

Les cartes d'occupation du sol sont des outils qui servent également pour des applications opérationnelles, notamment pour le suivi des changements globaux, et de supports pour appliquer les consignes et recommandations des politiques publiques qui nécessitent une connaissance précise des territoires (Pelletier, 2017).

Il s'avère donc judicieux et primordial de fournir aux décideurs les cartes d'occupations des sols de leur commune et des informations relatives à leur état et dynamique pour une meilleure connaissance et gestion de leur terroir.

Pour comprendre la dynamique de l'occupation des sols dans la sous-région Ouest africaine, divers auteurs ont utilisé conjointement les méthodes de système

d'information géographique (SIG) et la télédétection (Avakoudjo et al., 2014 ; Gildas et al., 2016). Cette technique permet à partir de l'analyse et de l'interprétation des images satellitaires à multi-dates d'appréhender l'évolution du paysage.

Le présent travail, se propose de quantifier et d'analyser l'évolution de l'occupation des sols dans les communes de Gothèye, Torodi et Tagazar à partir du système d'information géographique (SIG) et de la télédétection. Il s'agit spécifiquement de cartographier l'occupation des sols des trois communes à partir des images de Landsat 5 et 7 et de Sentinelle 2A et d'appréhender l'évolution dans le temps et dans l'espace des unités paysagères.

MATERIEL ET METHODES

Présentation de la zone d'étude

La région de Tillabéry est située dans l'extrême Ouest du Niger. Elle est comprise entre les latitudes 11° 50 N et 15° 45 N et longitudes 0°10 E et 4° 20 E. La région est divisée en six départements composés de quarante-cinq communes (Lawan, 2014). La zone d'étude est constituée de trois communes à savoir : Gothèye (164 346,59 ha), Torodi (531625,16 ha) et Tagazar (139785,78 ha) (Figure 1).

Le climat de la zone d'étude est de type Sahélien avec des précipitations moyennes annuelles de 200 à 500 mm pour les communes de Gothèye et Tagazar et Sahélo-soudanien pour celle de Torodi avec une pluviométrie variante entre 400 et 650mm. Il est caractérisé par une alternance d'une saison sèche d'octobre à mai et d'une saison pluvieuse de juin à septembre.

La population, constituée majoritairement de Songhaï, Zarma, peulh, Gourmantchés et de Touaregs, est estimée à 373207 (112374 à Gothèye, 129086 à Tagazar et 131747 à Torodi) en 2017 (INS, 2018) et croît à un taux d'accroissement annuel moyen de 2.7% à 3,90%.

L'Agriculture est la première activité des populations. Elle est à dominance pluviale et extensive. Le maraîchage est également pratiqué le long des cours d'eau essentiellement par les femmes organisées en groupement. Les spéculations les plus cultivées sont l'oignon, le piment, la laitue, la tomate, la courge. L'élevage constitue la deuxième activité économique et pratiqué en extensif et en intensif.

Les types de végétation rencontrés sont les formations contractées, les savanes, les steppes, les cordons ripicoles et les galeries forestières.

Elaboration des cartes d'occupation du sol *Identification et acquisition des scènes de la zone d'étude*

La première opération effectuée pour l'élaboration des cartes d'occupation du sol a été la circonscription spatiale (Path et Row pour les landsat et les codes pour les sentinelles) qui a consisté à identifier les scènes couvrant les trois communes qui constituent la zone d'étude.

Après l'identification, les scènes couvrant la saison sèche (mi-septembre à décembre) ont été téléchargées via le site « Earth explorer.usgs.gov » de la NASA avec une requête de couverture nuageuse $\leq 10\%$. Et cela afin de minimiser les brumes et nuages qui entacheraient la qualité des images et faciliter ainsi la différenciation des classes d'occupation du sol (Toyi, 2012). Les satellites Landsat 5 et 7 ont été utilisés pour l'acquisition des images 1984 et 2000 et ceux de Sentinelle 2A pour celles de 2017.

Prétraitements des images

Après l'acquisition des scènes, le prétraitement a consisté à un certain nombre de correction, notamment radiométrique et filtrage avec les logiciels ENVI 5.3 (pour les Landsat) et SNAP (pour les sentinelles) des bandes du visible et du proche infrarouge (PIR). Ce choix s'explique par le fait que ces longueurs d'onde contiennent à elles seules 90% des informations spectrales relatives à la végétation vivante.

Pour avoir une vision d'ensemble des différentes communes d'intervention, un mosaïquage des images multi-spectrales issue de la combinaison des bandes a été effectué. Comme la composition colorée, en fausse couleur offre une meilleure discrimination des pixels et une meilleure forme de visualisation des signatures spectrales, elle a été utilisée pour l'identification des unités d'occupation et d'utilisation des sols (Sarr, 2009, Kpedenou, 2017). Les signatures spectrales non identifiées ou à confirmer ont été géolocalisées sur l'image multi spectrale (fausse couleur) puis insérées dans un GPS afin de les identifier et les caractériser sur le terrain.

Reconnaissance spectrale des classes d'occupation du sol/collecte des données de terrain

Cette reconnaissance spectrale sur le terrain n'a concerné que les images multi-spectrales de 2017. Ainsi environ 60 points de contrôle ont été jugés incertains ou à confirmer par commune soient un total de 180 points. Mais les difficultés du terrain en (inaccessibilité, insécurité) ont fait que seuls 120 points ont été vérifiés à l'échelle des trois communes (50 à Ballayara, 45 à Gothèye et 25 à Torodi).

La caractérisation de ces points, sur la base de la Nomenclature de l'Occupation des Sols du Niger (PGRN, 2001), a permis de dresser la légende qui a été retenue pour les cartes et d'identifier les signatures spectrales des points jugés incertains. Les points non identifiés sur le terrain l'ont été par photo interprétation à l'aide de Google Earth.

Pour la cartographie de l'occupation des sols des années 1984 et 2000, contrairement à celle de 2017 où des images sentinelles 2A ont été utilisées, des images Landast 5 et 7 ont servi à l'élaboration des cartes d'occupation du sol. Et à défaut de se projeter dans le passé pour la collecte des données terrain, une photo interprétation a été appliquée à partir des images satellitaires de Google Earth de 1984 et 2000 de la zone d'étude. Suite aux travaux terrain de 2017 et la photo interprétation de

2000 et 1984, un certain nombre de zones d'entraînement ou polygones d'entraînement ont été définis en vue de la classification des images.

Classification

Il existe deux types de classification automatique, à savoir la classification supervisée (ou dirigée) et non supervisée (non dirigée). La première vise à associer chacune des n observations $\{x_1, \dots, x_n\}$ à l'une des k classes connues a priori tandis que la seconde a pour but de regrouper ces données en k groupes homogènes (Charles et Stéphane 2009).

Grâce à la connaissance de la zone d'étude suite aux missions de reconnaissance qui ont permis la caractérisation des unités d'occupation des sols des trois communes, le choix a porté sur la classification supervisée.

Dans ce cas, l'objectif est de classer l'ensemble des pixels des images à partir d'un certain nombre d'échantillon appelé sites d'entraînement déterminés sur la base des connaissances terrains et des clefs d'interprétation de la NOS Niger.

Ainsi des sites d'entraînement, correspondant aux différentes unités d'occupation des sols ont été facilement matérialisés et ont servi grâce à l'algorithme maxlikelihood (maximum de vraisemblance) à classer les images multi-spectrales couvrant la zone d'étude.

Le choix de cet algorithme s'explique pour son utilisation très répandue en télédétection du fait qu'il est très satisfaisant mathématiquement car les pixels sont classés selon une méthode probabiliste. On calcule pour chaque pixel de l'image sa probabilité d'être rattaché à chacune des classes. Le calcul de la fonction de probabilité, d'un pixel à une classe, se base sur la moyenne de la zone d'entraînement, sur la signature du pixel et sur la marge d'erreur standard de la matrice de covariance des pixels de la zone d'entraînement. Le pixel est ensuite classifié, dans la classe ayant la plus grande probabilité. De plus, cet algorithme présuppose que les statistiques du site d'entraînement de chaque

classe suivent une distribution gaussienne (Duminili, 2007).

Post traitement et validation des cartes d'occupation des sols

Post-traitement

Le post-traitement a permis d'individualiser à travers la numérisation visuelle à l'écran certaines unités d'occupation des sols qui ne ressortent pas bien à l'issue de la classification automatique. En effet, il existe une forte variabilité au sein des valeurs de réflectance spectrale associées à divers types d'occupation des terres (Lillesand et al. 1994).

La précision de la classification a été évaluée à l'aide des matrices de confusion à travers deux indices couramment utilisés à savoir l'indice kappa et la précision globale. On évalue le nombre de pixels qui sont bien classés ainsi que ceux qui ne le sont pas (Mama et Oloukoi, 2003 ; Skupinski et al., 2009). Landis et Koch (1997) interprètent les valeurs du Coefficient kappa de 1 à 0.81 et de 0.8 à 0.60 respectivement comme étant excellente et bonne.

Cette évaluation ne garantit pas toujours la fiabilité des cartes sur le terrain car l'algorithme (précision globale et coefficient Kappa) tient compte uniquement de l'homogénéité des pixels regroupés dans la zone d'entraînement sans tenir compte de leur nomenclature réelle sur le terrain. Autrement dit, si par erreur l'unité plan d'eau est nommée terrain rocheux et inversement la précision globale et le coefficient Kappa issues de la matrice de confusion sera élevée alors que la carte est fautive. Aussi, lorsqu'il s'agit d'une carte détaillée, où les unités sont diversifiées, comme dans le cas de cette étude, il arrive qu'une même signature spectrale puisse désigner plusieurs unités d'occupation des sols ou qu'une unité soit représentée par plusieurs signatures spectrales.

Par conséquent, pour mieux apprécier la fiabilité des cartes produites, notamment celles de 2017, nous avons opté en plus de la matrice

de confusion basée sur la répartition exclusive des pixels pour celle basée sur les points de vérité terrain (Chalifoux et al., 2006). Ainsi la précision globale de ces cartes sur le terrain a été déterminée grâce à la vérification sur le terrain d'un certain nombre de points pris au niveau des cartes produites.

Validation des cartes par vérité terrain

La validation des cartes par vérité terrain a concerné uniquement les cartes de 2017. Ainsi pour vérifier la fiabilité des cartes provisoires, des points de contrôles ont été pris dans chaque unité d'occupation des cartes produites puis ont été confrontés à la réalité terrain à l'aide d'un GPS. Cela a permis de vérifier leur concordance et calculer ainsi la précision globale de chaque carte sur le terrain (Chalifoux et al., 2006). Cet indice compris entre 0 et 1, résulte aussi d'une matrice de confusion mais qui se base cette fois-ci sur la projection des unités d'occupation des sols des cartes provisoires sur le terrain. Ainsi 79 points ont été vérifiés à Torodi, 125 à Gothèye et 95 à Tagazar soit un total de 299 points de contrôle dans la zone d'étude.

Etude de la dynamique de l'occupation du sol

La dynamique de l'occupation du sol peut être définie comme l'évolution dans le temps et l'espace des classes d'occupation du sol, soit vers un stade de dégradation ou d'amélioration, soit vers un état d'équilibre plus ou moins stable. Elle rend compte de l'ensemble des variabilités spatio-temporelles (Taibou et Seck, 2012). Cette dynamique permet en effet de synthétiser les changements des classes d'occupation du sol intervenus dans un même paysage à différentes périodes (Barima et al., 2010).

Dans cette étude, la dynamique a été analysée à partir des courbes obtenues grâce à l'évolution des états et la comparaison de la variation des superficies des différentes unités d'occupation aux différentes dates.

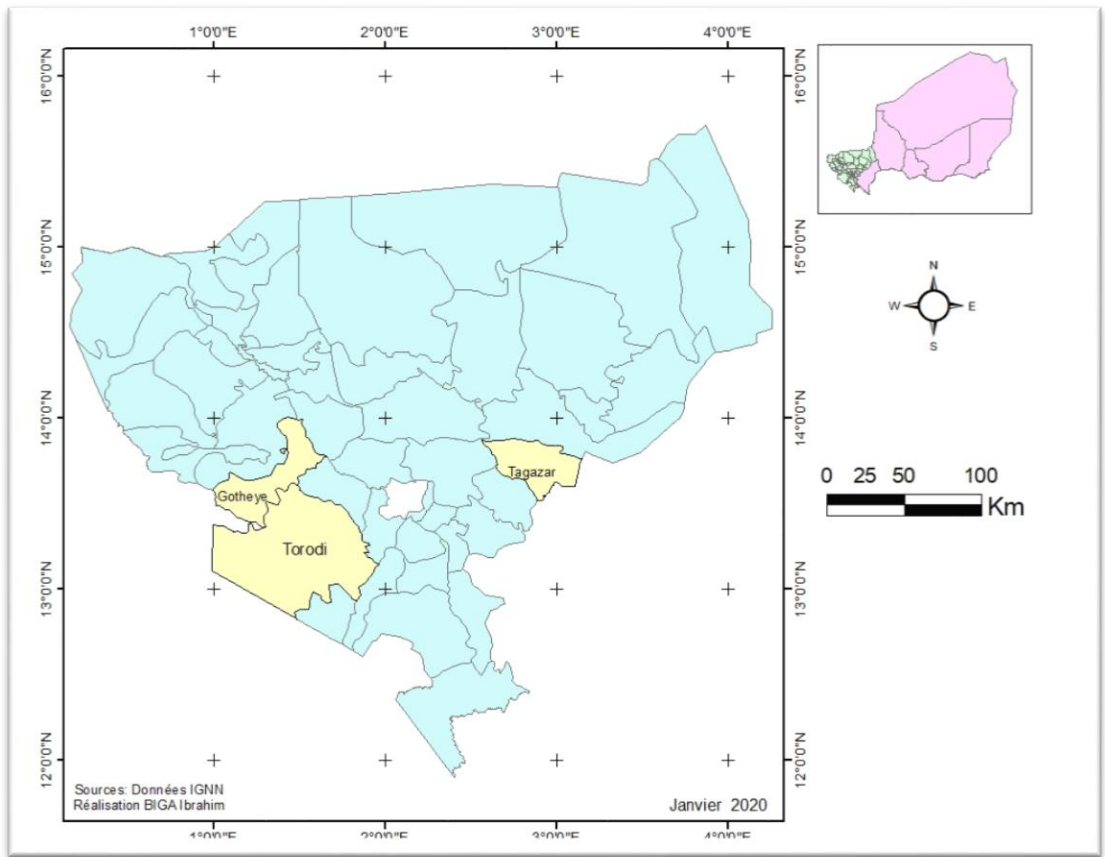


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude.

RESULTATS

Cartes d'occupation des sols de la zone d'étude

A l'issue des différents traitements des données de télédétection et de SIG, et sur la base de la nomenclature de l'occupation des sols au Niger (PGRN, 2001) neuf cartes d'occupation du sol ont été réalisées en raison de trois par communes en 1984, 2000 et 2017 (Figures 2,3,4).

Les cartes comprennent 13 à 17 unités d'occupation du sol selon les communes et les années.

Pour les besoins de l'étude, les différentes unités ont été regroupées en zone à savoir :

- La zone de végétation qui regroupe toutes les unités relatives aux formations forestières ;
- La zone de culture qui regroupe toutes les unités relatives aux activités agricoles

(culture pluviale et parc agroforestier), maraichères et arboricoles ;

- Les Jachères ;
- La zone dégradée qui regroupe les étendues dunaires, les terrains rocheux, les surfaces dénudées et les ravins ;
- Les bâtis ou agglomérations
- Les plans d'eau

Précision de la classification des images satellitaires

Le Tableau 1 présente les résultats de l'évaluation de la précision de la classification à partir des matrices de confusion calculées automatiquement et la précision globale terrain calculée suite à des points de contrôle de la carte sur le terrain.

Les classifications obtenues ci-dessous sont dans leur majorité excellente mise à part celle de 1984 de Gotheye (0.76) qui a été jugée bonne. Toutes les classifications faites dans le

cadre de ces travaux sont fiables d'après cette interprétation. Cette fiabilité a été renforcée par les précisions globales terrain (Tableau 1). Ces précisions sont des validations par des points de contrôles issus des unités des cartes provisoires 2017 avec la réalité terrain.

Caractérisation des unités paysagères

Etat de l'occupation des sols en 1984

En 1984, la zone de végétation naturelle dominait les communes de Torodi (76,25%) et de Gothèye (38,58%) contrairement à Tagazar qui est dominée par la zone de cultures (32,01%). La zone dégradée occupait une superficie non relativement importante des communes de Tagazar (28,06%) et de Gothèye (25,48%) contrairement à Torodi où elle ne représentait que 10,91% (Figure 2). Les plans d'eau et Bâtis toute commune confondue n'atteignait pas 10% de leur superficie.

L'analyse de la Figure 2 fait ressortir que les communes de Gothèye et Tagazar présentaient dès 1984 un paysage anthropisé contrairement à Torodi où la grande partie de la commune était couverte par la végétation naturelle.

Etat de l'occupation des sols en 2000

En 2000, le paysage des trois communes présente la même configuration qu'en 1984 (Figure 3). En effet, Torodi et Gothèye sont toujours dominées par la végétation à plus de 60% et 40% de leur superficie respective. Néanmoins, l'analyse comparative fait ressortir, un léger recul des zones dégradées dans les communes de Gothèye et Tagazar contrairement à Torodi où elle a progressé. Il a été remarqué durant cette période une augmentation des zones de cultures, des Bâtis et une diminution des jachères sur l'ensemble de la zone d'étude (Figure 3).

L'extension de la zone de cultures, des bâtis, des zones dégradées et la diminution des zones de végétation à Torodi implique une dégradation progressive du paysage. Le recul des zones dégradées dans les communes de Tagazar et Gothèye démontre un effort de restauration du paysage dégradé par les services de l'environnement. Néanmoins, ces communes présentent un paysage dégradé et anthropisé. L'effort de restauration est certes

fait mais insignifiant pour renverser la tendance de dégradation.

Etat de l'occupation des sols en 2017

En 2017, le paysage est dominé par la zone de cultures dans les communes de Gothèye et Tagazar et progresse à Torodi qui est toujours dominée par les formations forestières qui régressent sur l'ensemble de la zone d'étude (Figure 4). Le paysage présente la même configuration qu'en 2000 avec extension des zones dégradées. La tendance à la dégradation de l'environnement et l'emprise humaine sur ce dernier se poursuivent d'année en année sur la zone d'étude. Tagazar et Gothèye sont à plus de 50% de leur superficie dominée par les cultures et jachères. Torodi qui présentait en 1984 un paysage naturel se dégrade d'année en année.

Dynamique des unités paysagères

Dynamique de la végétation

La dynamique de la végétation est régressive sur l'ensemble des trois communes (Figure 5). La commune de Torodi qui était couverte en 1984 à 76,25% (405373,37 ha) de végétation se retrouve avec 57,27% (304459,783 ha) en 2017 soit une régression de 18,98 % en 33 ans. Quant à celle de Gothèye, elle avait 38,58% (63400,1 ha) de sa superficie en 1984 couverte par la végétation qui est passée à 22,17% (36427,3 ha) en 2017 soit une perte de 16,41%. La superficie occupée par la végétation de Tagazar était de 29,58% (41386,98 ha) en 1984 et elle n'était que 17,64% (24607,60 ha) en 2017 soit une perte de 11,94%.

En 33 ans (1984 à 2017), la végétation a perdu de sa superficie 24,90% (100913,59 ha) dans la commune de Torodi, 40,54% (16 779,38 ha) dans celle de Tagazar et 42,54% (26972,80 ha) dans la commune de Gothèye.

Dynamique de la zone de cultures

La Figure 6 montre que les zones de cultures ont progressé sur l'ensemble de la zone d'étude de 1984 à 2017. A Tagazar en 1984, la zone de culture qui occupait 32,01% (44745,04 ha) de la superficie totale de la commune est passée en 2017 à 53,04% (74141,95ha) soit une augmentation de 21,03% à l'échelle communale. Il en est de même à Gothèye avec 34,85% (40961,48 ha) en 1984

et 51,46% (81440,75 ha) en 2017 soit une progression de 16,61% à l'échelle communale. La commune de Torodi présente les mêmes tendances que les deux autres communes avec 7,29% (38760,87 ha) en 1984 et 20,49% (108903,62) en 2017, soit une progression de 13,2%. Il ressort que dans toutes les communes, la population de Torodi a plus impacté le milieu naturel après celle de Gothèye et enfin Tagazar.

Sur 33 ans, l'analyse des données montre que les zones de cultures ont augmenté leur superficie initiale de 1984 de 180,96% (70142,75 ha) à Torodi, 65,69% (29396,92 ha) à Tagazar et 98,82% (40479,7ha) à Gothèye.

Dynamique de la jachère

La jachère est en nette régression sur l'ensemble des trois communes qui constituent la zone de l'étude (Figure 7). En 1984, elle couvrait 4,88% (25953,67 ha) de la superficie totale de la commune de Torodi et régresse jusqu'à 1,30% (6898,24 ha) en 2017 soit une régression de 3,58%. Dans la commune de Tagazar, en 1984 elle était 8,43% (11780,09 ha) et en 2017 elle ne couvrait que 4,98% de la commune soit une régression de 3,45%. Quant à la commune de Gothèye, la jachère a été estimée à 16305,34 ha (9,92%) en 1984 alors qu'elle n'était que 3100,86 ha (1,89%) en 2017 soit une régression 8,03%.

En 33ans la jachère a perdu de sa superficie réelle 73, 42% (19055,43 ha) à Torodi, 40,87% (4815,56 ha) à Tagazar et 80,98% (13204,48 ha) à Gothèye.

Dynamique de la zone dégradée

La Figure 8 montre une régression de la zone dégradée dans les communes de Gothèye et Tagazar contrairement à celle de Torodi où elle progresse. En 1984, elle était de 10,91%

(57997,59 ha) à Torodi et 20,28% (107822,2 ha) en 2017. Les communes de Gothèye et Tagazar avaient respectivement 25,48% (41870,18 ha) et 28,06% (39224,20 ha) en 1984 et 25,22% (41449,47 ha) et 20,91% (29231,66 ha) en 2017.

En 33 ans (1984 à 2017) la zone dégradée a augmenté de sa superficie initiale de 85,90% (49824,61 ha) à Torodi et en a diminué de 25,47% (9992,53 ha) à Tagazar et de 1% (420,71 ha) à Gothèye.

Dynamique des bâtis

Les bâtis sont en progression sur l'ensemble des trois communes (Figure 9). Les superficies des bâtis qui étaient en 1984 à 0,21% (294,94 ha) à Tagazar, 0,20% (323,36 ha) à Gothèye et 0,06% (315, 46 ha) à Torodi ont passé en 2017 à 0,64% (900,82 ha) à Tagazar, 0,48% (786,27 ha) à Gothèye et 0,13% (693,44 ha) à Torodi soit une augmentation des superficies à l'échelle des communes de 0,43%, 0,28% et 0,07% respectivement.

En 33 ans d'évolution, les bâtis ont connu une extension de leur superficie de 119,81% (377.99 ha) à Torodi, 205,42% (605,88 ha) à Tagazar et 143,15% (462,91 ha) à Gothèye. La commune de Tagazar se démarque des deux autres communes par son extension exponentielle de ces agglomérations.

Dynamique des plans d'eau

Les plans d'eau régressent dans les communes de Torodi et Gothèye contrairement à Tagazar où ils progressent (Figure 10).

En 33 ans les plans d'eau ont régressé 344,19 ha soit 23,16% à Gothèye et de 376,33 ha soit 11,67% à Torodi. Quant à la commune de Tagazar ils ont augmenté de 1584,68 ha soit 67,30% de leur superficie initiale.

Tableau 1 : Indice de validation des classifications des communes en 1984, 2000 et 2017.

| Indice de validation | Gothèye | | | Torodi | | | Tagazar | | |
|------------------------------------|---------|------|------|--------|------|------|---------|------|------|
| | 1984 | 2000 | 2017 | 1984 | 2000 | 2017 | 1984 | 2000 | 2017 |
| Coefficient kappa | 0,76 | 0,99 | 0,86 | 0,8 | 0,97 | 0,82 | 0,96 | 0,87 | 0,94 |
| Précision Globale automatique en % | 85,3 | 99,3 | 92,3 | 85,3 | 97,7 | 83,6 | 97,5 | 89,9 | 95,9 |
| Précision Globale terrain en % | | | 80 | | | 78 | | | 82 |

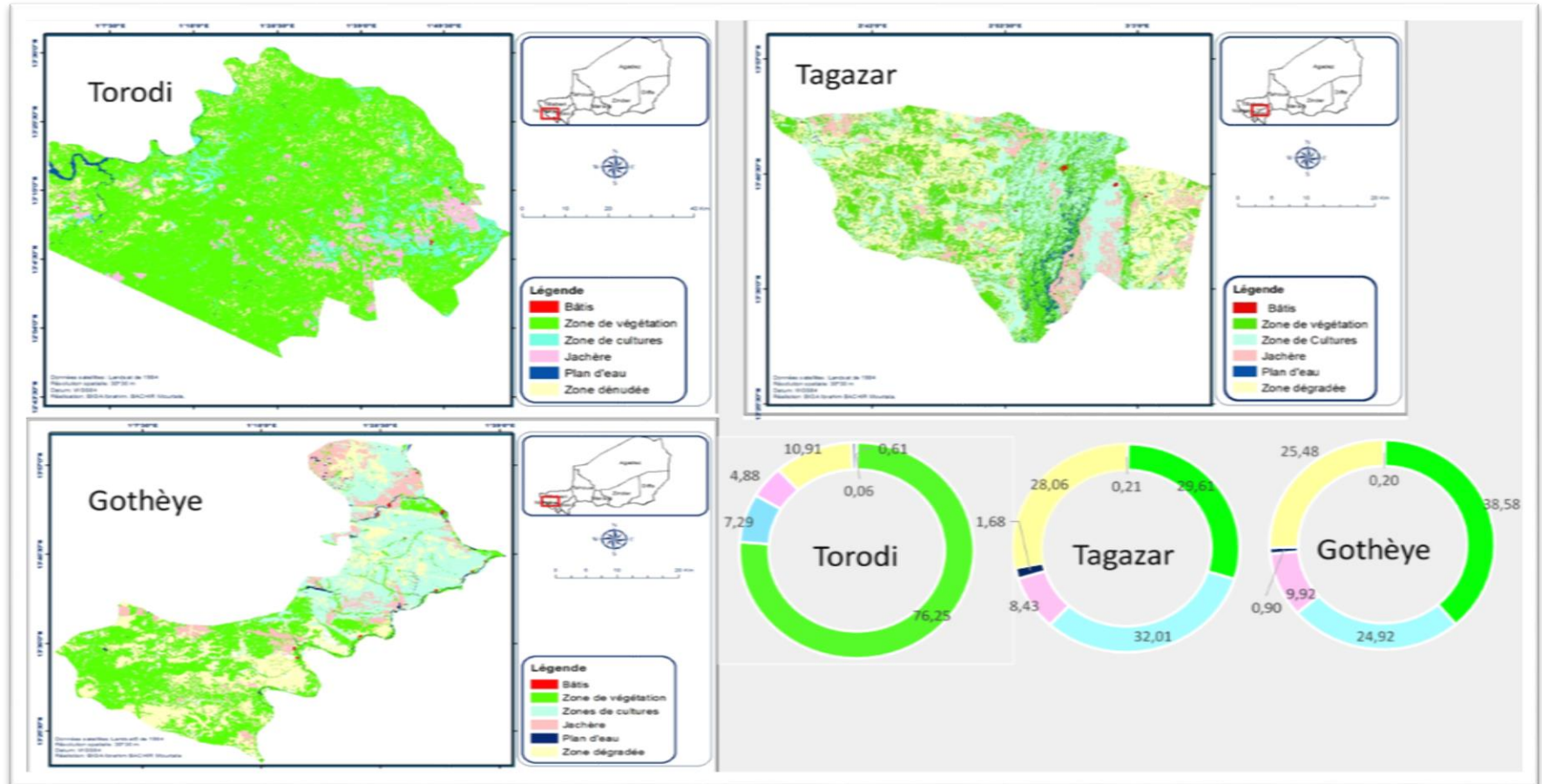


Figure 2: Etat de l'occupation du sol de la zone d'étude en 1984. En camembert superficie en pourcentage.

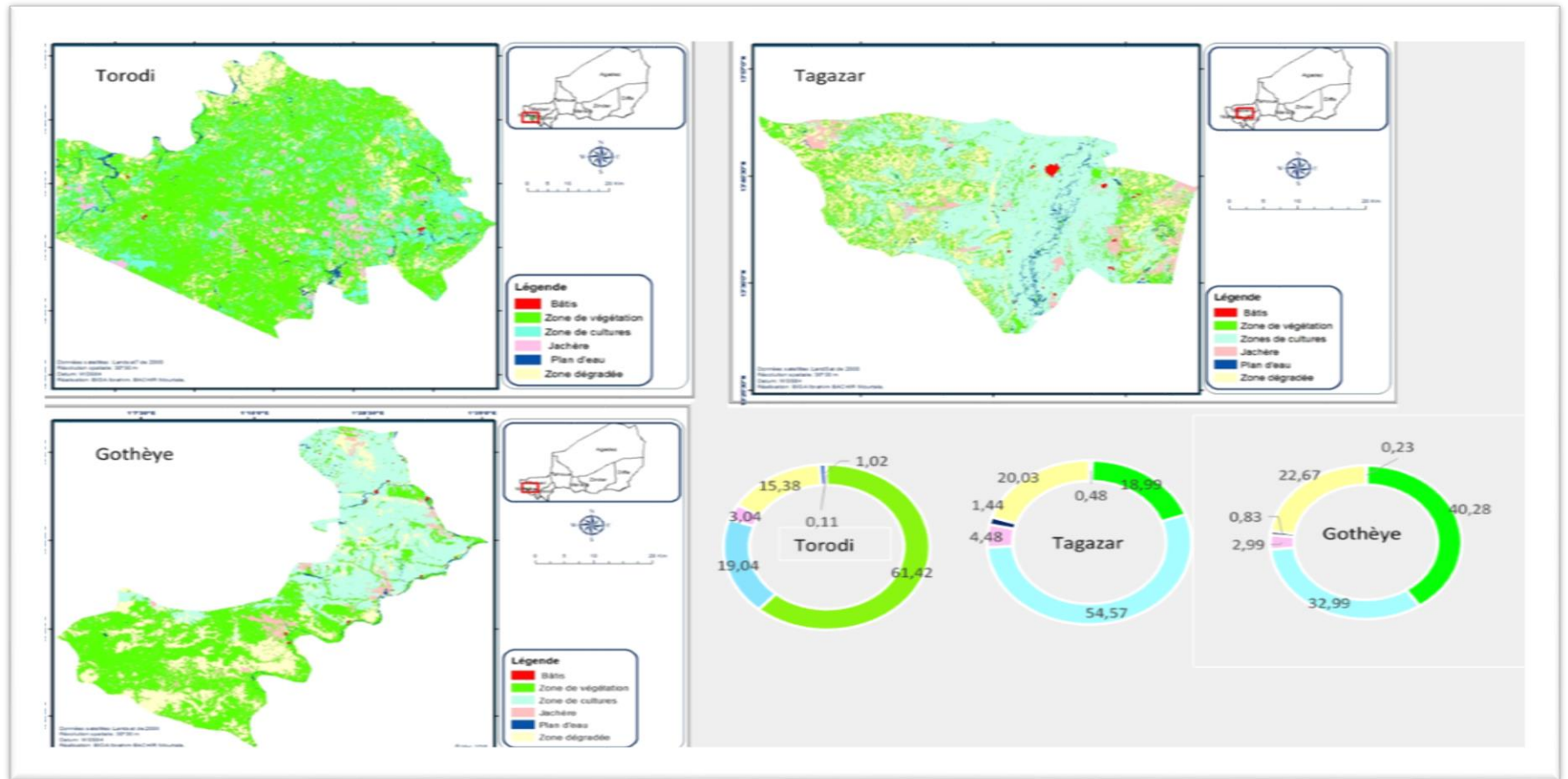


Figure 3: Etat de l'occupation de la zone d'étude en 2000. En camembert superficie en pourcentage.

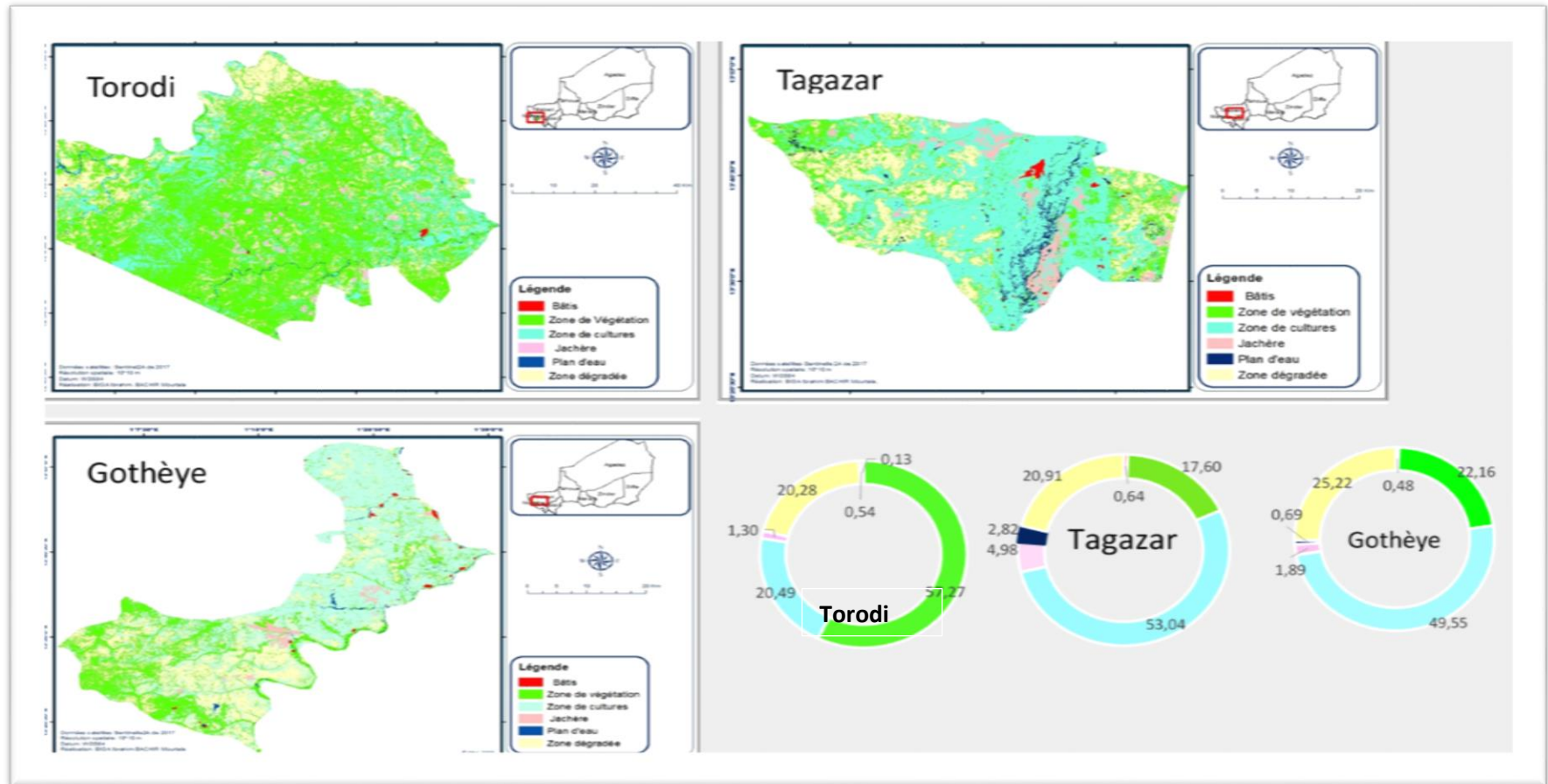


Figure 4 : Etat de l'occupation du sol de la zone d'étude en 2017. En camembert superficie en pourcentage.

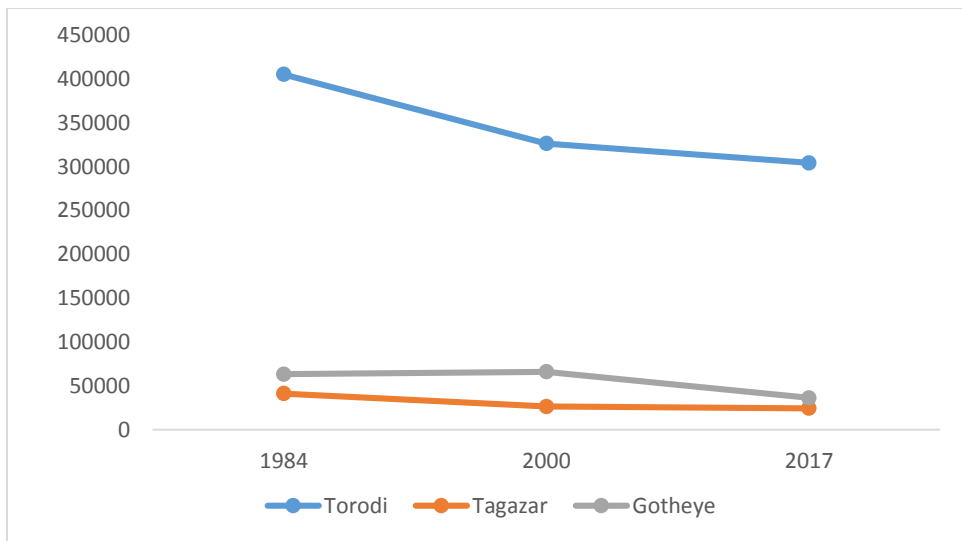


Figure 5 : Dynamique de la végétation en hectare.

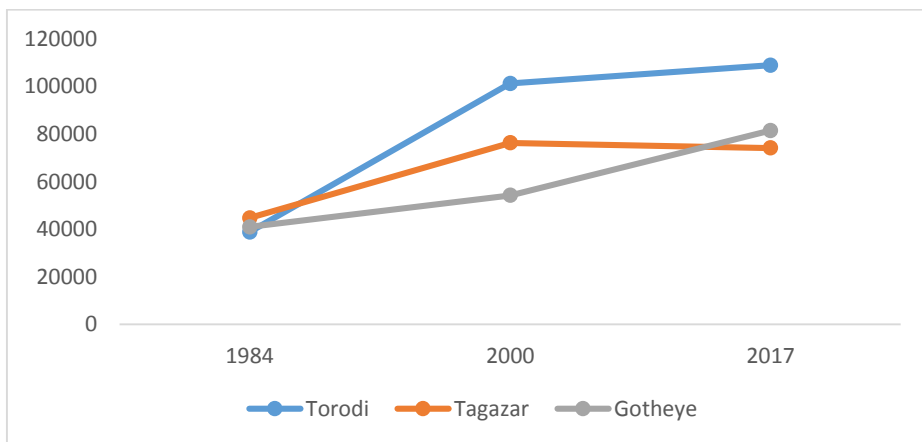


Figure 6 : Dynamique de la zone de culture en hectare.

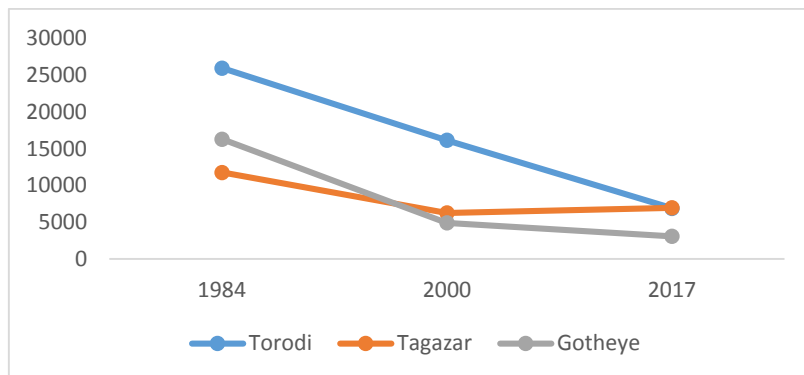


Figure 7 : Dynamique de la jachère en hectare.

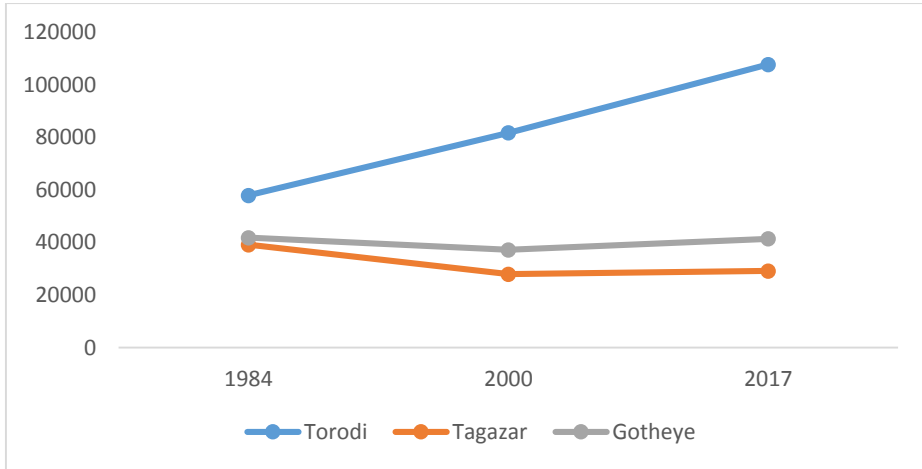


Figure 8 : Dynamique de la zone dégradée en hectare.

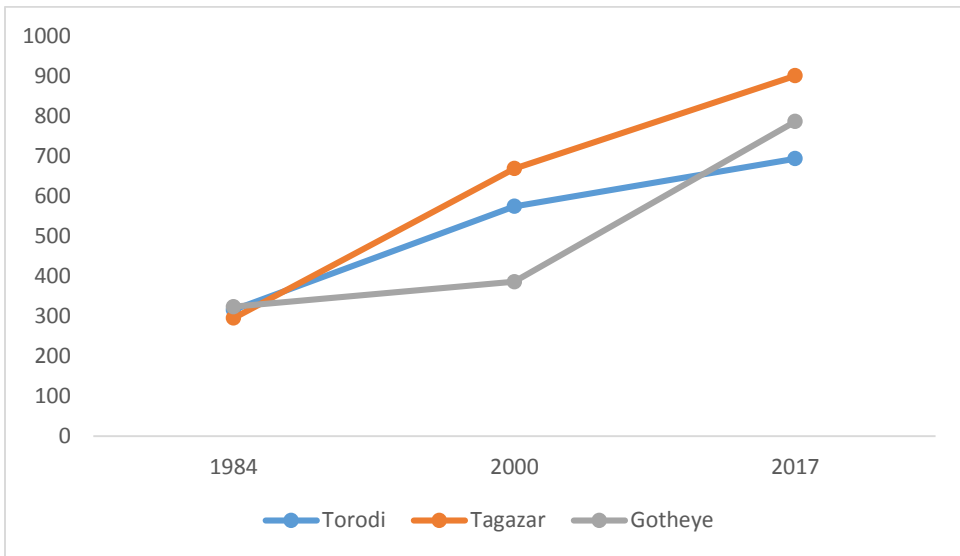


Figure 9 : Dynamique des bâtis en hectare.

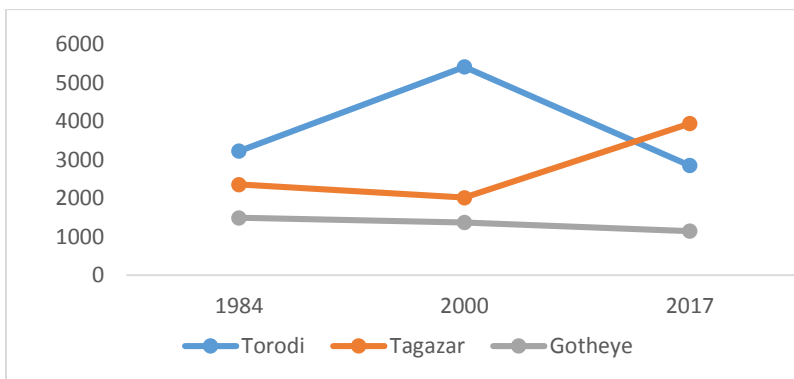


Figure 10 : Dynamique des plans d'eau en ha.

DISCUSSION

L'analyse de la dynamique de l'occupation du sol dans les communes de Tagazar, Gothèye et Torodi de la région Tillabéry au Niger est d'une importance capitale pour ces communes. En effet dans ces communes, l'occupation des sols n'a pas fait objet d'étude scientifique permettant de dégager la dynamique des unités paysagères. Cette étude est une première pour ces communes particulièrement celles de Torodi et Gothèye qui ne possèdent pas de carte d'occupation des sols.

Cette étude fait ressortir différents processus d'évolution du paysage durant la période de 1984 en 2017. En effet, dans les trois communes, on assiste à une dégradation accélérée du paysage qui se traduit d'une part par des régressions et des progressions et d'autre part par des conversions et modifications.

A titre illustratif, il ressort de la matrice de transition entre 1984 et 2000 de la commune de Tagazar une conversion de 1138,63 ha de la bourse tigrée régulière, 9985,01 ha de la steppe arbustive et 432,89 ha de la savane arborée en zone de culture.

Entre 2000 et 2017 la matrice de transition de la commune de Gothèye révèle une modification de 8598,66 ha de la bourse Tigré régulière, 721,42ha de la brousse tigrée dégradée et 7483,74 ha de la forêt galerie.

La régression de la végétation aux profits des zones anthropisées confirme les résultats d'autres études à savoir celles de Mamane et al. (2018) dans la réserve totale de faune de Tamou, Tidjani et al. (2009) à Gouré, Mahamane et al. (2007) à Gabi au Niger ainsi que celles de Kpedenou et al. (2016) dans le Sud-Est du Togo, de Millogo et al. (2017) dans la province du Bam au Burkina Faso, et de Bamba et al. (2008) dans la province du Bas Congo.

Ces mutations des unités paysagères pourraient s'expliquer par trois faits majeurs qui découlent de l'explosion démographique à savoir l'exploitation de bois de chauffe, la mise en culture des jachères et l'extension des zones de cultures et des bâtis (Atta et al., 2010, Kpedenou et al., 2016). D'après Montagne et

al. (2017) les trois communes de la zone d'étude font partie du Bassin d'approvisionnement en bois d'énergie de la ville de Niamey, ce qui engendre une surexploitation de cette ressource. A titre illustratif, la commune de Torodi en plus du besoin local en bois chauffe, fournit à elle seule plus de 130 000 tonnes de bois de chauffe pour les besoins de la ville de Niamey (Assoumane, 2017). Cette pression croissante sur les ressources végétales entraîne une situation environnementale dégradante à travers l'exposition des sols à l'érosion hydrique et éolienne qui entraîne l'extension des zones dégradées, des zones inondables et la disparition des plans d'eau par ensablement. Les communes de Gothèye et Torodi où la régression de la zone végétale est la plus élevée, confirment cet impact d'augmentation de la zone dégradée, des plans d'eau à Tagazar et de la zone dégradée à Torodi. La réduction de la zone dégradée à Tagazar et Gothèye dénote de l'effort des services municipaux et des Eaux et Forêts à travers les travaux de récupération des terres dégradées et la sensibilisation des populations sur les changements climatiques et leurs impacts.

L'extension de la zone de culture synonyme de régression des formations végétales et des jachères s'est accompagnée du maintien des arbres et de la protection de la régénération naturelle dans les champs à travers les multiples campagnes de projet et ONG à l'échelle du pays depuis les années 1980 conduisant à leur reverdissement (Larwanou et al., 2006; Botoni et Reij, 2009; Assoumane, 2017). Avec un taux d'accroissement intercensitaire annuel moyen de 3,9% pour les communes de Gothèye et Torodi et 2,7% pour celle de Tagazar (INS, 2018), les besoins en bois d'énergie et d'œuvres accroissent et engendrent une exploitation frauduleuse de cette végétation jalousement maintenue et entretenue par les exploitations agricoles. Ce qui pourrait être un potentiel danger pour les parcs agroforestiers qui connaissent, d'après la matrice de transition de 1984 à 2017, une extension de leur superficie de 3,22% à Tagazar, de 11,39% à Torodi et 12,87% à Gothèye.

L'abandon de la jachère confirmé dans cette étude par la régression de sa superficie dans la zone d'étude accentue le problème crucial de fertilité des sols de la zone d'étude. Face à l'abandon de la jachère et l'incapacité des populations rurales à se procurer des engrais, il est nécessaire et urgent de vulgariser dans la zone, à l'image des autres régions du Niger, des technologies simples permettant d'améliorer à moindre coût la fertilité du sol. Notamment la pratique de la régénération naturelle, les actions de CRS/DRRS particulièrement les Zai, les cordons pierreux, les demi-lunes agricoles etc.

Conclusion

Cette étude qui a pour objectifs de cartographier et d'analyser la dynamique de l'occupation des sols des communes de Gothèye, Torodi et Tagazar) a mis en exergue une situation commune de plusieurs zones du Niger en particulier et de la sous-région en général. En effet, elle a mis en relief l'anthropisation progressive du paysage au détriment des formations végétales qui régressent considérablement. Ces évolutions, alarmantes et inquiétantes surtout à l'ère du changement climatique où la préservation des écosystèmes forestiers n'est plus à démontrer, nécessitent un suivi particulier des unités de végétation au plus haut sommet. Cela est un enjeu crucial pour les populations et nécessite une prise de conscience des décideurs afin de prioriser les problèmes environnementaux dans les dépenses de souveraineté. Et cela pour le maintien de la vie sur terre pour les générations actuelle et future. Cette étude pourra servir de base aux décideurs locaux pour la définition des zones prioritaires d'intervention pour la restauration des zones dégradées et l'aménagement des forêts et parcs agroforestiers.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs de ce manuscrit déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêt entre eux.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

AA et IS ont contribué à la rédaction puis à l'amélioration progressive du manuscrit.

MB a contribué de l'acquisition des images satellitaires à l'élaboration des cartes d'occupation des sols. Il a également contribué aux traitements des données (matrices de transition et de confusion) et à la rédaction du manuscrit. AM a supervisé les travaux depuis le protocole jusqu'à l'aboutissement du manuscrit. Il a également apporté des conseils pour la collecte des données et a contribué à l'amélioration du manuscrit. Tous les auteurs ont approuvé la version finale du manuscrit.

REMERCIEMENTS

Les auteurs adressent leurs remerciements à l'Institut National de la Recherche Agronomique du Niger (INRAN) et le Projet de Recherche-Développement pour la Sécurité Alimentaire et l'Adaptation au Changement Climatique (RED/SAACC) qui ont permis à collecter les données sur le terrain.

REFERENCES

- Abdoul-Habou Z, Mahamadou KB, Toudou A. 2016. Les systèmes de productions agricoles du Niger face au changement climatique : défis et perspectives. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **10**(3): 1262-1272. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i3.28>.
- Alohou EC, Ouinsavi C, Sokpon N. 2016. Fragmentation des écosystèmes forestiers : Définitions des concepts et évolution des méthodes d'évaluation. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, **17**(2): 474-486.
- Assoumane G. 2017. Evolution comparée du couvert végétal en zone de brousse tigrée et en zone agricole 1992 à 2014 dans le bassin d'approvisionnement en bois énergie de Niamey. Thèse de Master à l'Université AgroParis Tech de Montpellier, Montpellier, p.42
- Atta S, Achard F, Sidi OM, Mohamedou O. 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. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/scinat.v7i2.59948>.

- Avakoudjo J, Adi M, 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. <http://ajol.info/index.php/ijbcs>
- Bamba I, Mama A, Danho FRN, Koffi JK, Traoré D, Visser M, Sinsin B, Lejoly L, Bogaert J. 2008. Influence des actions anthropiques sur la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans la province du Bas-Congo (R.D. Congo). *Sciences & Nature*, **5**(1): 49-60. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/scinat.v5i1.4215>.
- Barima YSS, Egnankou MW, N'doumé CA, Kouamé FN, Bogaert J. 2010. Modélisation de la dynamique du paysage forestier dans la région de transition forêt-savane à l'Est de la Côte d'Ivoire. *Téledétection*, **9**(2): 129-138.
- Botoni E, Reij C. 2009. La transformation silencieuse de l'environnement et des systèmes de production au Sahel : Impacts des investissements publics et privés dans la gestion des ressources naturelles, Etude Sahélienne, p.59.
- Chalifoux S, Miroslav N, Charles L, Rasim L, Richard F. 2006. Cartographie de l'occupation et de l'utilisation du sol par imagerie satellitaire landsat en hydrogéologie. *Téledétection*, **6**(1): 9-17.
- Charles B, Stéphane G. 2009. Classification supervisée et non supervisée des données de grande dimension. *La Revue de Modulad*, **40** : 81-102.
- Duminili T. 2007. Exploitation de données de télédétection en vue d'étudier la mise en place de l'écotourisme dans la région de Andavadoaka (Madagascar) ; Rapport de stage Université Montpellier, Montpellier, p.19.
- Gildas LD, Henri STV, Nickson EK, 2016. Dynamique de l'occupation du sol et évolution des terres agricoles dans la commune de Sinende au nord Bénin. *Cahiers du CBRST*, **9**: 101-121.
- INS. 2018. Annuaire statistique du Niger 2013-2017. (Ed) 2018. p. 253.
- Jofack SVC, Kouamé FK, Dibi N'da H, Tankoano B, Akpa YL, Ngounou NB, 2016. Cartographie de l'occupation de sol des Hauts Plateaux de l'Ouest Cameroun par réseaux de neurones appliqués à une image LANDSAT 8 OLI. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, **23**(2): 443-454.
- Kpedenou KD, Boukpepsi T, Tanzidani T, Tchamie K. 2016. Quantification des changements de l'occupation du sol dans la préfecture de Yoto (Sud Est Togo) à l'aide de l'imagerie satellitaire Landsat. *Rev. Sc. Env.*, **13**: 137-156.
- Kpedenou KD, Drabo O, Ouoba AP, Dapola CED, Tanzidani TKT. 2017. Analyse de l'occupation du sol pour le suivi de l'évolution du paysage du territoire Ouatchi au Sud-Est Togo entre 1958 et 2015. *Cahiers du Cerleshs*, **XXXI**(55): 203-228.
- Landis JR, Koch GG. 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, **33**(1): 159-174. DOI : 10.2307/2529310.
- Larwanou M, Abdoulaye M, Reij C. 2006. Etude de la régénération Naturelle Assistée dans la Région de Zinder (Niger). Une première exploration d'un phénomène spectaculaire, USAID/IRG-FRAME, p. 46
- Lawan KG, Maurizio B, Moussa M. 2014. Caractérisation climatique de la région de Tillabéry, Niger. Rapport d'étude du projet ANADIA Niger, p. 34
- Lillesand T, Kiefer RW, Chipman J. 1994. *Remote Sensing and Image Interpretation* (3rd edn). Wiley & Sons: New York; p. 750.
- Mahamane A, Saadou M, Bakasso Y, Abassa I, Aboubacar I, Karim S. 2007. Analyse diachronique de l'occupation des terres et caractéristiques de la végétation dans la commune de Gabi (région de Maradi, Niger). *Sécheresse*, **18**(4): 296-304. DOI: 10.1684/sec.2007.0105
- Mama VJ, Oloukoi, J. 2003. Évaluation de la précision des traitements analogiques des images satellitaires dans l'étude de la

- dynamique de l'occupation du sol. *Téledétection*, **3**(5): 429-441.
- Mamane B, Amadou G, Baragé 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>
- Millogo D, Nikiéma AA, Koulibaly B, Zombré 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: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i5.16>
- Montagne P, Coulibaly A, Nouhou A, Oumarou I, Djibo H, Aboubacar I. 2017. Schéma Directeur d'Approvisionnement en Combustibles Domestiques de Niamey. Rapport d'étude du projet COGESO, p. 224.
- OSS.2013. Cartographie de l'occupation du sol. Spécifications techniques : Amélioration de la Résilience des Populations Sahéliennes aux Mutations Environnementales, REP-SAHÉL, p. 28.
- Pelletier C. 2017. Cartographie de l'occupation des sols à partir de séries temporelles d'images satellitaires à hautes résolutions Identification et traitement des données mal étiquetées. Thèse de doctorat, Université de Toulouse, Toulouse, p. 259.
- PGRN. 2001. Nomenclature pour la construction de base de données sur l'occupation des sols au Niger au sud du 16^{ème} parallèle, p. 69.
- Samuel C. 2014. Étude des changements d'occupation et d'usage des sols en contexte agricole par télédétection et fusion d'informations. Habilitation à Diriger des Recherches de l'Université Rennes, Rennes, p 134.
- Sarr MA. 2009. Cartographie des changements de l'occupation du sol entre 1990 et 2002 dans le nord du Sénégal (Ferlo) à partir des images Landsat. *Cybergeo : European Journal of Geography*, **472**: 17. DOI: <https://doi.org/10.4000/cybergeo.22707>.
- Skupinski G, Binhtran D, Weber C. 2009. Les images satellites Spot multi-dates et la métrique spatiale dans l'étude du changement urbain et suburbain : le cas de la basse vallée de la Bruche (Bas- Rhin, France). *Cybergeo: European Journal of Geography*, **439**: 22. DOI: <https://doi.org/10.4000/cybergeo.21995>.
- Taibou B, Seck D. 2012. Dynamique de l'occupation des sols, cartographie des CLPA, des zones de pêche et mise en place d'un système d'information géographique au Sénégal. Rapport d'exécution University of Rhode Island, Narragansett RI, p. 66.
- Tidjani AA, Ozer A, Karimoune S. 2009. Apports de la télédétection dans l'étude de la dynamique environnementale de la région de Tchago (nord-ouest de Gouré, Niger). *Geo-Eco-Trop*, **33**: 69-80.
- TOYI AS SM. 2012. Analyse de l'impact de la diffusion du teck (*Tectona grandis L.f.*) sur la structure du paysage dans le Département de l'Atlantique (Sud-Bénin). Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, p.190.