

## Pression anthropique et dynamique paysagère en zone rurale semi-aride: cas de la commune de Tibiri, région de Maradi (Niger)

A-S. Satta<sup>1\*</sup>, A. Diouf<sup>1</sup>, S. Lawali<sup>1</sup>, M. Ouedraogo<sup>2</sup>, J. Bogaert<sup>3</sup> & A. Mahamane<sup>4,5</sup>

**Keywords:** Landscape- Anthropisation- Landscape metrics- Remote sensing/GIS- Semi-arid- Niger

### Résumé

*Au Sahel (Afrique de l'Ouest), les contraintes climatiques et socio-économiques sont les causes principales de la structure actuelle du paysage. Dans ce contexte, la présente étude visait à déterminer l'influence des actions anthropiques sur la dynamique du paysage dans un environnement climatique semi-aride à travers une analyse des tendances évolutives de l'occupation du sol de la commune de Tibiri à diverses échelles spatio-temporelles, et l'identification des processus qui sous-tendent cette dynamique paysagère. L'approche cartographique, couplée à l'application des principes de l'écologie du paysage, a permis de révéler une transformation continue, entre 1972 et 2010, du paysage de la commune de Tibiri à travers des processus de transformation dont les plus dominants sont la fragmentation et la suppression. Ces derniers sont fortement liés à l'intensification des activités agricoles (cultures pluviale et irriguée) et au phénomène de l'urbanisation qui impactent les formations naturelles (savanes arbustives dense et claire) et les zones de pâturage (mosaïque jachère/pâturage). Cette tendance à la saturation foncière devrait mener à long terme à une anthropisation complète du paysage.*

### Summary

#### **Anthropogenic Pressure and Landscape Dynamics in Semi-arid Rural Areas: the Case of Tibiri Commune, Maradi (Niger)**

*In the Sahel (West Africa), climatic and socio-economic factors are the main causes of the current landscape structure. In this context, this study aimed to determine the influence of human activities on the dynamics of a semi-arid landscape by analyzing land use in the Tibiri Commune. To do this, we analyzed the changing trends at various spatial and temporal scales as well as the processes behind this landscape dynamics. The mapping approach and the application of landscape ecology principles between 1972 and 2010 revealed a continuous transformation of Tibiri commune landscape through different processes. The most dominant transformations are fragmentation and suppression. These are highly related to the agriculture (rainfed and irrigated crops) intensification and the urbanization which impact natural formations (savannas) and grazing areas (fallow/pasture mosaic). This land tendency to land saturation should lead in long run to full landscape anthropisation.*

<sup>1</sup>Université Dan Dicko Dan Koulodo de Maradi, Faculté d'Agronomie et des Sciences de l'Environnement, Maradi, Niger

<sup>2</sup>Institut de l'Environnement et de Recherche Agricole (INERA), Ouagadougou, Burkina Faso.

<sup>3</sup>Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité Biodiversité et Paysage, Gembloux, Belgique.

<sup>4</sup>Université de Diffa, Diffa, Niger.

<sup>5</sup>Université Abdou Moumouni, Faculté des Sciences et Techniques, Niamey, Niger.

\*Auteur correspondant: E mail: a.soufianou@yahoo.fr

Reçu le 18.03.15 et accepté pour publication le 26.08.15

## Introduction

Depuis quelques décennies, les contraintes climatique et socio-économique auxquelles est soumis le Sahel (Afrique de l'Ouest), demeurent l'une des causes principales de la structure actuelle du paysage. En effet, la forte récurrence des sécheresses dans cette zone climatique aride à semi aride induit une forte dégradation des ressources naturelles (forêts, sols et eaux) (15). Cette dégradation se reflète à travers une réduction du couvert végétal, autrement dit, une diminution de la production fourragère (18), une exposition des sols à l'érosion éolienne et hydrique (26) et une vulnérabilité des ménages à l'insécurité alimentaire chronique (17). Or, les populations sahéennes, à majorité rurales, sont tributaires des services écosystémiques dont elles tirent la majeure partie de leurs ressources de subsistance (12).

Le Niger, pays à économie fondée sur l'agro-sylvo-pastoralisme (18), se caractérise par une forte croissance démographique (3,3%) et plus particulièrement dans la commune de Tibiri (3,7%) de la région de Maradi (centre-sud du Niger), zone d'intérêt de la présente étude. Un tel phénomène fortifie la pression anthropique sur les ressources naturelles et crée des bouleversements socio-économiques tels que la saturation de l'espace et les conflits entre acteurs ruraux.

Pour mieux s'adapter à un tel contexte de dégradation des ressources naturelles et de pouvoir continuer à satisfaire ses besoins quotidiens, l'homme, à travers ses activités de nature et régime divers, procède constamment à des changements de modes d'occupation et d'utilisation des terres. Ainsi, l'homme est considéré comme un acteur clé dans les changements environnementaux et globaux eu égard à l'influence significative de ses activités sur la structure et le fonctionnement des systèmes écologiques (7).

Les changements de l'occupation du sol induits par l'homme s'opèrent à diverses échelles spatio-temporelles. Leur étude nécessite donc un outil capable de cerner les processus écologiques à différentes échelles. Ainsi, parmi les outils d'étude de la dynamique des phénomènes spatio-temporels,

la télédétection, couplée aux opérations SIG (Système d'Information Géographique), est reconnue comme la mieux adaptée (4, 20).

L'application des principes de l'écologie du paysage en complément, permet de mieux appréhender les processus écologiques qui sous-tendent la dynamique d'un paysage et contribue à l'élaboration d'outils efficaces d'aménagement du territoire et de gestion rationnelle des ressources naturelles pour un développement durable.

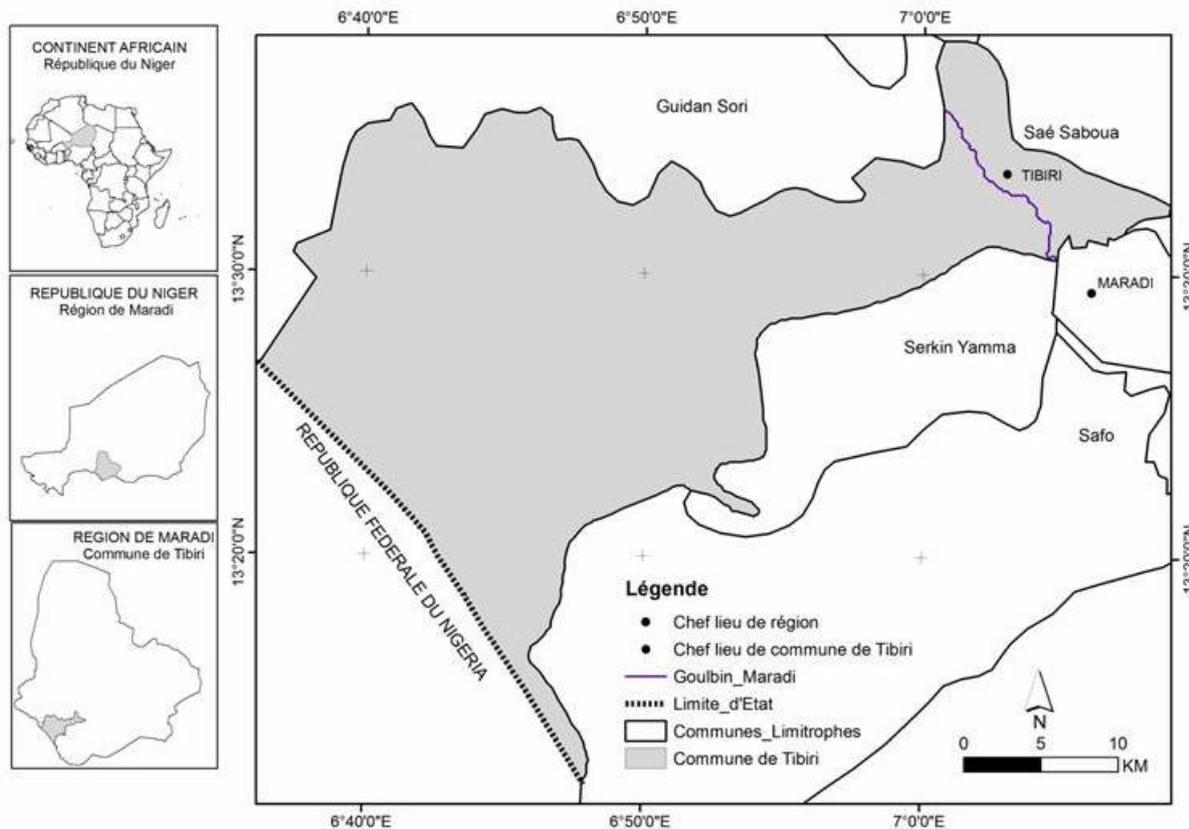
La présente étude vise à déterminer, les interactions entre les actions anthropiques et la structure des paysages dans un contexte climatique semi-aride. Pour atteindre cet objectif, nous avons émis l'hypothèse selon laquelle, la dynamique paysagère (changement de la structure spatiale) observée dans la commune de Tibiri est la conséquence des activités anthropiques (agricultures, exploitation du bois, urbanisation). La vérification de cette hypothèse reposera sur l'analyse des tendances évolutives de la dynamique paysagère dans la commune de Tibiri et l'identification des facteurs écologiques déterminants cette dynamique.

## Matériels et méthodes

### Zone d'étude

L'étude a été menée dans la commune de Tibiri (région de Maradi), située au centre-sud de la république du Niger entre 13°30' et 13°34' de latitude Nord et, 7°1' et 7°3' de longitude Est, et couvrant une superficie d'environ 1.200 km<sup>2</sup> (Figure 1). Le climat est de type sahélo-soudanien avec deux saisons contrastées: une longue saison sèche (8 à 9 mois) et une courte saison humide (3 à 4 mois) (19). Il est caractérisé par une pluviométrie moyenne annuelle calculée sur 30 ans de 477 mm, et une température moyenne annuelle relativement élevée (28 °C).

En termes de ressources en eau, la zone d'étude dispose d'un cours d'eau semi permanent, le «Goulbin Maradi», qui arrose sa partie Est sur environ 15 km (Figure 1), et quelques mares temporaires. Quant à la population humaine, estimée à 124.849 habitants en 2013, elle est essentiellement composée d'agriculteurs et éleveurs (90%).



**Figure 1:** Localisation de la zone d'étude en Afrique et au Niger.

Le paysage est constitué de trois unités géodynamiques principales (13). L'unité «plateau», à une altitude moyenne relativement élevée (340 m), est de type dunaire entaillé par la vallée du Goulbi et s'étalant sur plusieurs kilomètres avec une forme générale subplane, interrompue par endroits par des édifices éoliens. Il est surtout marqué par une dynamique érosive très vive caractérisée par la déflation éolienne (griffes d'érosion) et le ravinement. Les sols sont de type essentiellement sableux (ou "Gigawa" en langue locale), et supportent une végétation ligneuse basse à faible couverture. Quant à l'unité «vallée» (ou bas-fond), elle est composée d'alluvions à texture argilo-limoneuse et/ou limono-argilo-sableuse.

La végétation de la vallée est relativement dense du fait de la faible profondeur de la nappe phréatique, et se caractérise par une prédominance des espèces ligneuses telles que *Tamarindus indica* L., *Anogeissus leiocarpus* (DC.) Guill. & Perr., *Ziziphus mauritiana* L. et *Acacia senegalensis* (L.) Willd.

Quelques parcs agroforestiers à peuplement ligneux monospécifique à *Acacia nilotica* (L.) Willd. ex Del., *Hyphaene thebaica* (L.) Mart., *Anogeissus leiocarpus* (DC.) Guill. & Perr. ou *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn., sont également présents. Enfin l'unité «glacis» correspond à des épandages de sable alluvial et/ou dunaire à pente forte à moyenne. Les sols se caractérisent par leur faible fertilité, et supportent une végétation de type savane arbustive claire, dominée par *Piliostigma reticulatum* (DC) Hochst, *Tamarindus indica* L., *Annona senegalensis* Pers., *Ziziphus mauritiana* L., ou *Guiera senegalensis* J.F. Gmel.

### Choix et traitement des données images

Le choix des images satellitaires LANDSAT, utilisées dans le cadre de cette étude, est basé sur la disponibilité et gratuité d'une série temporelle conséquente, la qualité visuelle (absence de nuages) et leurs bonnes résolutions spectrale (7 bandes) et spatiale (30 à 60 m) qui permettent de caractériser des éléments paysagers au sol d'une taille minimale de 900 à 1200 m<sup>2</sup> (23).

Selon la codification WRS2 (Worldwide Reference System) des scènes LANDSAT, la zone d'étude est couverte entièrement par la scène (path190, row50). Ainsi, quatre scènes prises sur la période 1972-2010 à quatre dates différentes et avec un pas de temps d'au moins 10 ans, ont été retenues et téléchargées gratuitement à partir des archives de l'USGS (United States Geological Survey: <http://www.glovis.usgs.gov.com>, consulté le 12 /03/2014). Ces scènes sont issues de capteurs multi spectraux Multi Spectral Scanner (MSS du 07/11/1972), Thematic Mapper (TM du 28/09/1986) et Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+ du 16/01/2001 et du 25/09/2010).

L'harmonisation des caractéristiques radiométrique et spatiale de ces images multi capteurs a consisté à effectuer diverses opérations de prétraitement afin d'améliorer la qualité des images pour une interprétation visuelle aisée.

Ainsi un géoreférencement selon le système de projection UTM (Universal Transverse Mercator), Zone 32N correspondant à la commune de Tibiri, avec l'ellipsoïde de référence (World Geodesic System: WGS84), suivi d'un rééchantillonnage des pixels de résolution 60 m à 30 m (image MSS) à l'aide de l'algorithme du plus proche voisin (Nearest Neighbor), reconnu pour sa capacité de conserver les valeurs radiométriques originales de l'image (3). Une composition RVB (Rouge-Vert-Bleu) en fausses couleurs a ensuite été réalisée à partir de trois bandes spectrales dans l'ordre 4-3-2 (bande 4 ou Proche Infra Rouge dans le canal rouge, bande 3 ou Rouge dans le canal vert et bande 2 ou Verte dans le canal bleu) pour chacune des quatre dates de référence, suivie d'un rehaussement linéaire du contraste à 2%, à l'aide du logiciel ENVI 4.7 © software (14). Ces bandes sont les plus utilisées en télédétection pour discriminer les classes de végétation (9).

Pour l'identification des différentes classes d'occupation du sol, une classification supervisée largement éprouvée pour sa robustesse et son aspect beaucoup plus pratique a été adoptée (2). Ainsi, des échantillons homogènes, sous forme de polygones, représentatifs des différents types d'occupation du sol identifiés visuellement, ont été sélectionnés sur la composition colorée (5).

Ces polygones ou zones d'apprentissage sont utilisés pour définir les classes spectrales (ou classes d'occupation du sol) grâce à l'algorithme du «Maximum de vraisemblance» (23). Cet algorithme repose sur les caractéristiques statistiques des zones d'apprentissage qui deviennent également des centres dans l'espace multi spectral (22). Il calcule ainsi la probabilité d'appartenance d'un pixel à une classe donnée et affecte ce pixel à la classe qui offre la probabilité maximale (2).

Afin de valider la classification, des points de contrôle au sol préalablement choisis et supposés représentatifs de chacune des classes d'occupation du sol de l'image classifiée ont été prospectés. Ainsi, un minimum de 30 points de contrôle a été retenu pour chacune des classes d'occupation du sol pour cette opération dite vérité terrain (13). La matrice de confusion ou tableau de contingence qui a été calculé à partir des données collectées aux points de contrôle, a servi à déterminer la fiabilité et la qualité de la classification à travers des indicateurs de précision tels que la précision globale, le coefficient Kappa, les erreurs d'excédent et de déficit, la précision de l'utilisateur et la précision du réalisateur (1, 25).

### **Analyse des cartes**

Les différentes cartes d'occupation du sol ont été élaborées suite à des opérations SIG, sous le logiciel ArcGIS 9.3 © software (10). Il s'agissait de la vectorisation des images classées, de l'extraction de la portion correspondant aux limites de la zone d'étude et de la mise en page.

Pour caractériser la structure du paysage (composition et configuration spatiale) de la commune de Tibiri, trois indices de l'écologie du paysage (ou *landscape metrics*) parmi la multitude existant (4, 20), ont été calculés. Il s'agit: du nombre total de taches ( $n_j$ ) d'une classe d'occupation du sol donnée  $j$ ; le changement de cet indice renseigne sur le niveau de fragmentation d'une classe donnée entre deux périodes (4, 5); de l'aire totale des taches ( $at_j$ ) (en ha) d'une classe d'occupation du sol quelconque notée  $j$  qui correspond à la surface totale couverte par l'ensemble des taches composant cette classe; elle a été calculée selon la formule I:

$$a_{tj} = \sum_{i=1}^{n_i} a_{ij} \quad \text{I}$$

où  $a_{tj}$  représente la surface de la  $j$ -ième tache de la classe  $j$  du périmètre total ( $p$ ) (en ha) de chaque classe où la somme des périmètres des taches ( $p_j$ ) d'une même classe; il s'obtient selon la formule II:

$$p = \sum_{i=1}^n pi \quad \text{II}$$

Ces indices concourent à évaluer le phénomène de fragmentation du paysage et constituent un indicateur fiable permettant de mettre en évidence l'impact humain sur la structure du paysage (5). Par ailleurs, les changements spatio-temporels du paysage ont été quantifiés à l'aide de la matrice de transition (4), tandis que les processus écologiques qui les sous-tendent ont été déterminés à l'aide de l'«arbre de décision» à 10 classes proposé par Bogaert *et al.* (6). Les données d'entrée (input) pour l'arbre de décision sont le nombre de taches ( $n_j$ ), l'aire totale ( $a_{tj}$ ) et le périmètre ( $p_j$ ) d'une classe  $j$  considérée, aux temps  $t_0$  et  $t_1$ . En effet, la variation de chacun de ces trois indices permettra d'identifier un processus représentatif de la transformation paysagère observée. Ainsi, selon ce modèle dichotomique, l'augmentation du nombre de taches d'une classe ( $n_1 > n_0$ ) permet d'identifier les processus de création, de dissection et de fragmentation, tandis qu'une diminution de la valeur de cet indice ( $n_1 < n_0$ ) correspond aux processus d'agrégation et de suppression. Quant à la variation de l'aire des taches d'une classe, elle est liée aux processus de création, d'agrégation et d'agrandissement ( $a_1 > a_0$ ) d'une part, et d'autre part à la fragmentation, la dissection et la suppression ( $a_1 < a_0$ ).

Le processus de déplacement correspond à une stabilité de la valeur du périmètre des taches d'une classe ( $p_1 = p_0$ ). Par contre, une variation de cet

indice ( $p_1 \neq p_0$ ) se réfère à un processus de déformation qui peut être soit la perforation en cas d'augmentation de cet indice ( $p_1 > p_0$ ), ou le rétrécissement en cas de diminution ( $p_1 < p_0$ ). Par ailleurs, le calcul du taux de perte d'aire ( $t = a_{t1}/a_{t0}$ ) et la fixation d'une valeur seuil de 0,5 telle que suggérée par plusieurs auteurs (5, 8); a permis de mieux différencier le processus de fragmentation ( $t = 0,5$ ) de celui de dissection ( $t < 0,5$ ).

## Résultats

### Cartographie de l'occupation du sol

Plusieurs classes d'occupation du sol ont été identifiées suite à la classification supervisée des images satellitaires, et seules sept ont été retenues, relativement aux objectifs de la présente étude. Il s'agit des classes relatives aux formations naturelles («savane arbustive dense», «savane arbustive claire»), aux activités anthropiques («culture sous parc arboré» ou culture sous couvert ligneux plus ou moins dense; «culture pluviale continue» ou culture sur sols sableux à limoneux nus et à couvert ligneux faible; «mosaïque maraichage/plantation» ou arboriculture et maraichage; «mosaïque jachère/pâturage» ou aires de pâturage; et «habitation») (Figure 2).

La discrimination entre ces différentes classes d'occupation des sols est statistiquement fiable avec une valeur de séparabilité proche de 2.

Quant à la précision globale des quatre classifications effectuées, ses valeurs varient de 77% à 91%; et l'indice de Kappa de 67% à 82% (Tableau 1).

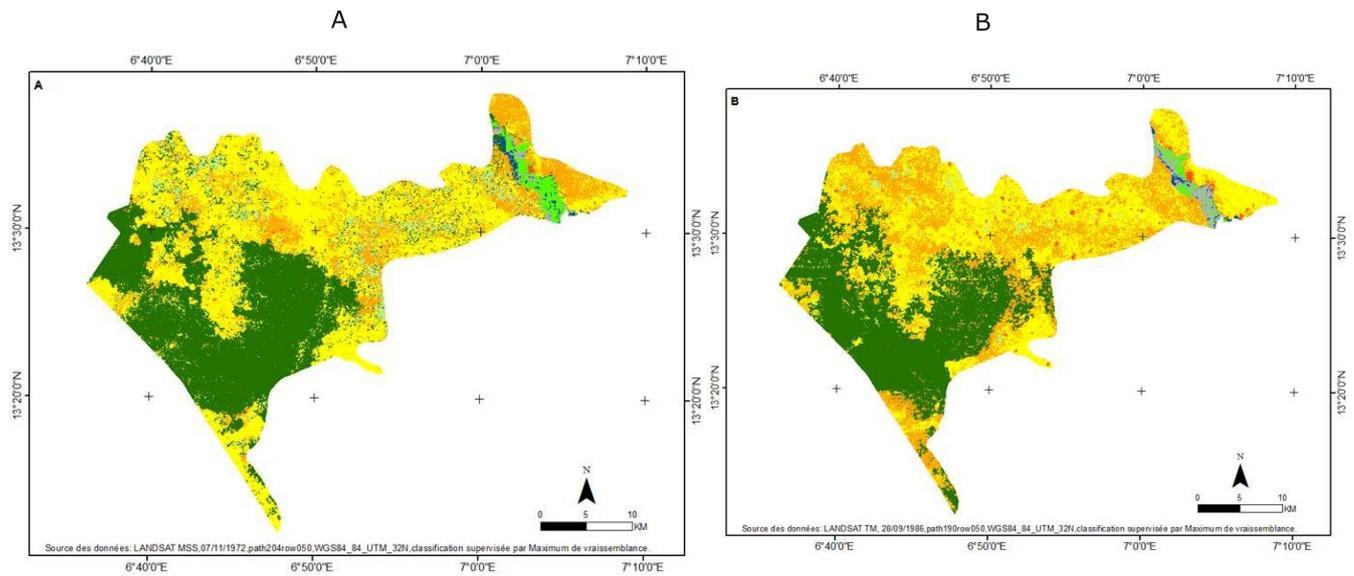
De manière globale, chacune de ces sept classes d'occupation du sol retenues, présente en termes d'extension spatiale au cours du temps soit une tendance régressive (perte de superficie au profit d'un autre type d'occupation du sol) ou progressive (gain au détriment d'un autre type d'occupation du sol), soit une stabilité c'est-à-dire une aire inchangée entre les deux dates considérées.

**Tableau 1**

Précision de la classification des images de 1972, 1986 et 2010.

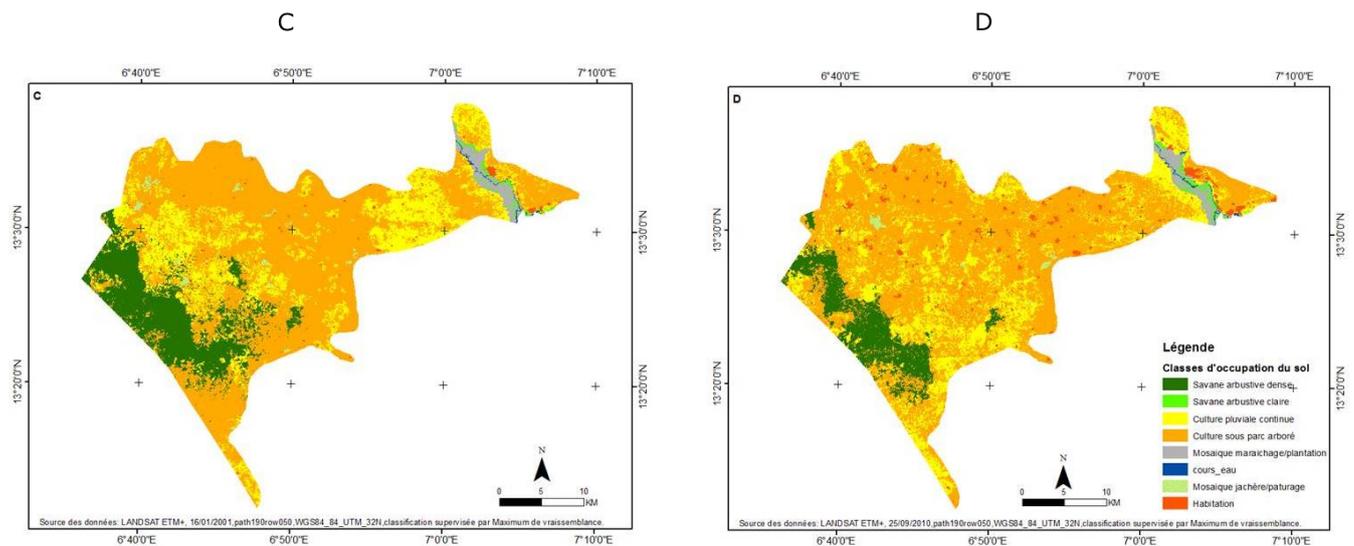
|                       | 1972 | 1986 | 2001 | 2010 |
|-----------------------|------|------|------|------|
| Précision Globale (%) | 77   | 81   | 88   | 91   |
| Kappa (%)             | 67   | 71   | 78   | 82   |

P.G= précision globale de la classification, K= Coefficient de Kappa.



Source de données: LANDSAT  
 MSS.07/11/1972.path204row050.WGS84\_84\_UTM\_32N.classification supervisée par Maximum de vraisemblance

Source de données: LANDSAT  
 TM.28/09/1986.path190row050.WGS84\_84\_UTM\_32N.classification supervisée par Maximum de vraisemblance



Source de données: LANDSAT  
 ETM+,16/01/2001.path190row050.WGS84\_84\_UTM\_32N.classification supervisée par Maximum de vraisemblance

Source de données : LANDSAT  
 ETM+,26/09/2010.path190row050.WGS84\_84\_UTM\_32N.classification supervisée par Maximum de vraisemblance

**Figure 2:** Carte d'occupation du sol dans la commune de Tibiri A) en 1972; B) en 1986; C) en 2001 et D) en 2010.

### **Dynamique de la composition du paysage**

L'analyse de la dynamique de la composition du paysage fait ressortir à l'échelle temporelle globale considérée dans cette étude (1972-2010) un taux d'occupation de la «savane arbustive dense» en nette régression (Figure 3A).

Cette régression spatiale s'est faite au profit de toutes les autres classes sauf la classe «savane arbustive claire» (Tableau 3) qui présente également une tendance générale régressive par rapport à la superficie initiale.

L'expansion spatiale la plus remarquable a été observée au niveau de la classe «culture pluviale continue» dont le taux de stabilité est le plus élevé (Tableau 3), au détriment de toutes les classes sauf les classes «savane arbustive claire» et «mosaïque maraichage/plantation». Toutefois, cette classe qui constitue la matrice du paysage a, au cours de la période 1972-1986, connu une légère diminution de son taux d'occupation dans le paysage (Figure 3A) au profit de «mosaïque maraichage/plantation» et «habitation» (Tableau 3). Quant à la «culture sous parc arboré», son taux d'occupation a augmenté (Figure 3A) au détriment des classes «savane arbustive dense» «mosaïques jachères/pâturage» et «culture pluviale continue». Mais elle a connu une réduction de superficie entre 1986 et 2001 (Figure 3A) au profit des classes «culture pluviale continue» et «habitation» (Tableau 3).

La classe «mosaïque maraichage/plantation» a subi une augmentation de sa superficie (Figure 3B) au détriment des classes «savane arbustive dense», «savane arbustive claire» et «culture sous parc arboré»; tandis que la «mosaïque jachère/pâturage» (Figure 3C) a presque disparu du paysage au profit des cultures «sous parc arboré», «pluviale continue» et «habitation» (Tableau 3). Quant à la classe «habitation» (Figure 3C), l'augmentation de son taux d'occupation s'est faite au détriment de toutes les autres classes sauf la «mosaïque maraichage/plantation» (Tableau 3).

### **Dynamique de la structure spatiale du paysage**

Les différents indices de structure spatiale calculés pour chacune des sept classes d'occupation du sol retenues en 1972, 1986, 2001 et en 2010 (Tableau 2) ont permis de déterminer avec précision les

processus de transformation ayant influencé la dynamique spatio-temporelle du paysage de la commune de Tibiri.

En considérant l'échelle globale temporelle (1972-2010) le nombre et l'aire totale de taches de la classe « habitation» ont augmenté; suggérant ainsi un processus de création de taches. Par contre, pour les classes «mosaïque maraichage/plantation» et «mosaïque jachère/pâturage», le processus à la base de leur transformation au cours du temps est la suppression de taches avec une diminution des valeurs du nombre et de l'aire totale de taches. Quant au processus de rétrécissement qui se manifeste par une réduction des valeurs du périmètre des taches, il est observé dans les classes «savane arbustive dense», «culture sous parc arboré» et «mosaïque jachère/pâturage».

Le processus de perforation qui se manifeste par une augmentation de la valeur du périmètre des taches d'une classe, a été observé au niveau des classes «culture pluviale continue», «mosaïque maraichage/plantation» et «habitation» et au sein de la classe «savane arbustive claire». Pour la période intermédiaire (1972-1986), le processus de fragmentation caractérisé par un accroissement du nombre de taches (morcellement des taches initiales) et une réduction de l'aire totale; a surtout concerné des classes « savane arbustive claire», «culture pluviale continue» et «mosaïque jachère/pâturage»; et entre 1986 et 2001 la classe «savane arbustive dense». Quant au processus de suppression associé à la diminution du nombre et de l'aire totale des taches, il a été observé entre 1972-1986 au sein des classes «savane arbustive dense», «culture pluviale continue» et «mosaïque jachère/pâturage»; tandis que la dynamique de la classe «culture pluviale continue» est guidée par un processus de dissection des taches ( $t > 0,5$ ). La période (1986-2001) est caractérisée par une dynamique paysagère régie par d'une part, un processus de fragmentation au niveau de la classe «mosaïque jachère/pâturage» et, d'autre part, d'un processus de création, matérialisé par une augmentation du nombre et de l'aire totale des taches, au niveau des classes «mosaïque maraichage/plantation» et «habitation».

**Tableau 2**

Nombre, surface et périmètre des différentes classes d'occupation du sol en 1972, 1986, 2001 et 2010 dans la commune de Tibiri.

|             | SAD     | SAC    | CPA     | CPC     | M/P    | J/P    | H      |
|-------------|---------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|
| <b>1972</b> |         |        |         |         |        |        |        |
| $n_j$       | 2675    | 13     | 5280    | 3448    | 112    | 1786   | 72     |
| $at_j$ (ha) | 33767,4 | 1657,3 | 15898,1 | 35736,4 | 456,2  | 5490,1 | 183,5  |
| $p$ (ha)    | 249,8   | 14,3   | 585,2   | 456,8   | 11     | 148,1  | 5,1    |
| <b>1986</b> |         |        |         |         |        |        |        |
| $n_j$       | 525     | 130    | 4361    | 2892    | 99     | 35     | 84     |
| $at_j$ (ha) | 30602,8 | 740,3  | 25850,9 | 33473,7 | 1283,2 | 773,2  | 553,8  |
| $p$ (ha)    | 182,1   | 16,8   | 439,8   | 445,9   | 15,3   | 15,3   | 12,1   |
| <b>2001</b> |         |        |         |         |        |        |        |
| $n_j$       | 1086    | 203    | 3677    | 2409    | 64     | 21     | 131    |
| $at_j$ (ha) | 14086,8 | 463,3  | 18944,2 | 57051,6 | 1744,9 | 612    | 522,5  |
| $p$ (ha)    | 130     | 14,8   | 428,2   | 514,8   | 18     | 12,2   | 12,3   |
| <b>2010</b> |         |        |         |         |        |        |        |
| $n_j$       | 186     | 149    | 2010    | 1818    | 36     | 13     | 734    |
| $at_j$ (ha) | 8480,3  | 555,8  | 21119,6 | 58916,6 | 1549,4 | 347,4  | 2426,6 |
| $p$ (ha)    | 75      | 14,6   | 354,3   | 538,2   | 23,1   | 3,9    | 58,2   |

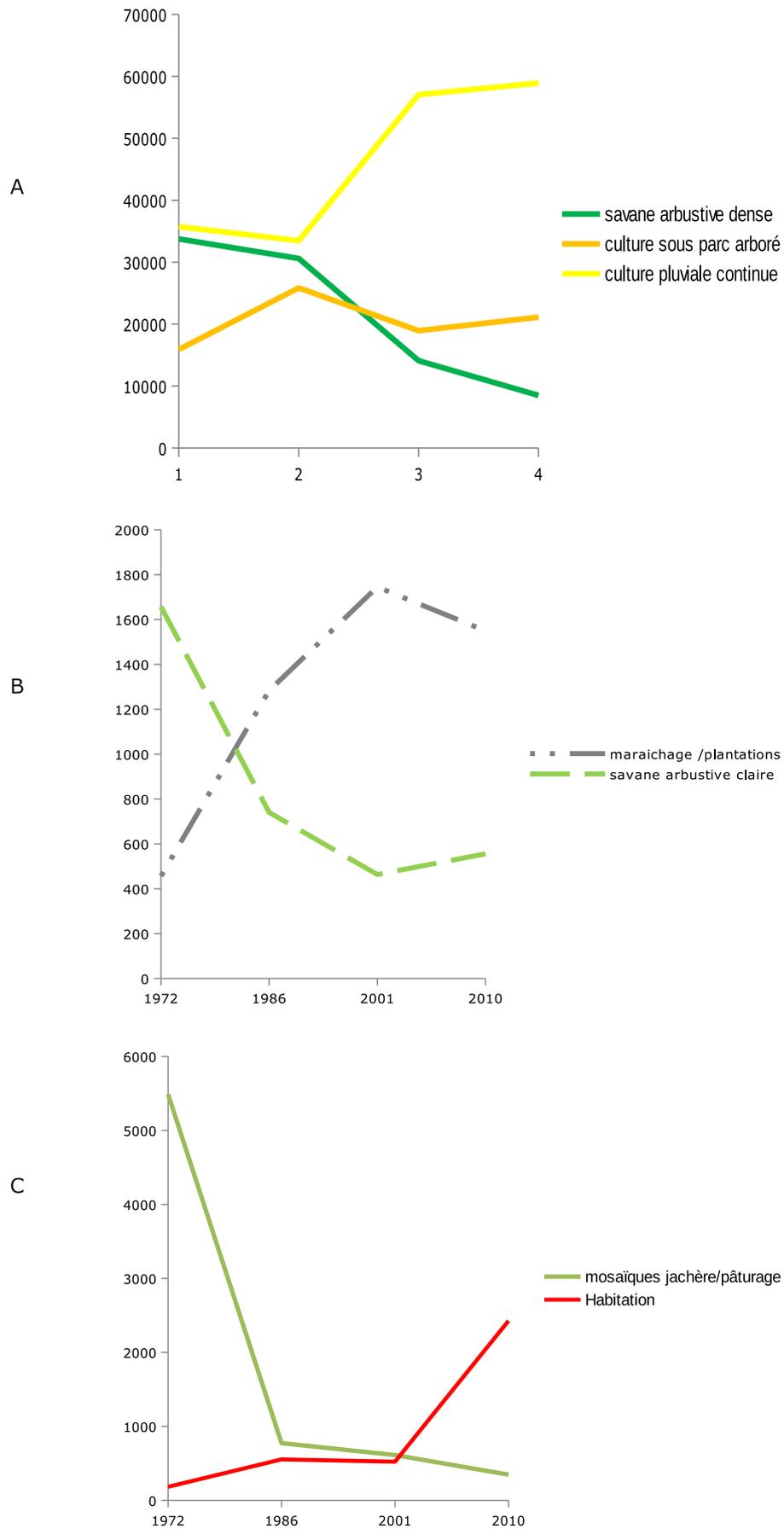
$n$  = nombre de tache;  $at_j$  (ha) = aire en hectare;  $p$  (ha) = périmètre en hectare; SAD = savane arbustive dense; SAC = savane arbustive claire; CPA = culture sous parc arboré; CPC = culture pluviale continue; M/P = mosaïque maraichage/plantation; J/P = mosaïque jachère/pâturage; H = habitation.

**Tableau 3**

Matrices de transition de l'occupation du sol (en %) dans la commune de Tibiri.

|       | 1986 | SAD  | SAC | CSA  | CPC  | M/P | J/P | H   | Total |
|-------|------|------|-----|------|------|-----|-----|-----|-------|
| 1972  |      |      |     |      |      |     |     |     |       |
| SAD   |      | 24,8 | 0   | 5,7  | 4,3  | 0,1 | 0,1 | 0   | 35    |
| SAC   |      | 0    | 0,7 | 0,2  | 0,1  | 0,9 | 0   | 0   | 1,9   |
| CSA   |      | 2    | 0   | 6,4  | 8,3  | 0   | 0,1 | 0,2 | 17    |
| CPC   |      | 4,2  | 0   | 12,2 | 20,5 | 0   | 0,4 | 0,3 | 37,6  |
| M/P   |      | 0    | 0,1 | 0,2  | 0    | 0,2 | 0   | 0   | 0,5   |
| J/P   |      | 0,7  | 0   | 3    | 2    | 0   | 2,1 | 0   | 7,8   |
| H     |      | 0    | 0   | 0    | 0,1  | 0   | 0   | 0,1 | 0,2   |
| Total |      | 31,7 | 0,8 | 27,7 | 35,3 | 1,2 | 2,7 | 2   | 100   |
| 2001  |      |      |     |      |      |     |     |     |       |
| 1986  |      |      |     |      |      |     |     |     |       |
| SAD   |      | 12   | 0   | 5,3  | 14,2 | 0   | 0,2 | 0   | 31,7  |
| SAC   |      | 0    | 0,2 | 0    | 0    | 0,6 | 0   | 0   | 0,8   |
| CSA   |      | 0,8  | 0,1 | 5,9  | 20,4 | 0   | 0,2 | 0,2 | 27,7  |
| CPC   |      | 1,2  | 0   | 8,9  | 25,4 | 0   | 0,2 | 0,1 | 35,3  |
| M/P   |      | 0    | 0,2 | 0    | 0    | 1,1 | 0   | 0   | 1,2   |
| J/P   |      | 0    | 0   | 0    | 0,8  | 0   | 0,2 | 0   | 2,7   |
| H     |      | 0    | 0   | 0    | 0,2  | 0   | 0,1 | 0,5 | 0,6   |
| Total |      | 14   | 0,5 | 20,1 | 61   | 1,7 | 0,9 | 0,8 | 100   |
| 2010  |      |      |     |      |      |     |     |     |       |
| 2001  |      |      |     |      |      |     |     |     |       |
| SAD   |      | 6,8  | 0   | 1,8  | 5,3  | 0   | 0   | 0,1 | 14    |
| SAC   |      | 0    | 0,2 | 0    | 0    | 0,2 | 0   | 0,1 | 0,5   |
| CSA   |      | 0,2  | 0   | 5,7  | 13,5 | 0   | 0,2 | 0,5 | 20,1  |
| CPC   |      | 1    | 0   | 14,7 | 43,7 | 0   | 0,1 | 1,5 | 61    |
| M/P   |      | 0    | 0,3 | 0,1  | 0    | 1,4 | 0   | 0   | 1,8   |
| J/P   |      | 0    | 0   | 0,1  | 0,5  | 0   | 0,1 | 0   | 0,7   |
| H     |      | 0    | 0,1 | 0,1  | 0    | 0,3 | 0   | 0,4 | 0,9   |
| Total |      | 8    | 0,6 | 22,5 | 63   | 1,9 | 0,4 | 2,6 | 100   |
| 2010  |      |      |     |      |      |     |     |     |       |
| 1972  |      |      |     |      |      |     |     |     |       |
| SAD   |      | 6,3  | 0   | 8,8  | 18,2 | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 35    |
| SAC   |      | 0    | 0,4 | 0,2  | 0,2  | 1   | 0   | 0,1 | 1,9   |
| CSA   |      | 0,2  | 0   | 3,7  | 13   | 0   | 0,1 | 0   | 17    |
| CPC   |      | 1,4  | 0   | 8,8  | 26   | 0   | 0,1 | 1,3 | 37,6  |
| M/P   |      | 0,1  | 0,2 | 0,1  | 0    | 0,1 | 0   | 0   | 0,5   |
| J/P   |      | 0    | 0   | 0,9  | 5,6  | 0,6 | 0   | 0,7 | 7,8   |
| H     |      | 0    | 0   | 0    | 0    | 0,1 | 0   | 0,1 | 0,2   |
| Total |      | 8    | 0,6 | 22,5 | 63   | 1,9 | 0,4 | 2,6 | 100   |

Classes d'occupation du sol : SAD= savane arbustive dense; SAC= savane arbustive claire; CSA= culture sous parc arboré; CPC= culture pluviale continue; M/P= mosaïque maraichage/ plantation; J/P= mosaïque jachère/pâturage; H= habitation (1972-1986; 1986-2001; 2001- 2010 et 1972-2010)



**Figure 3:** Variation de la proportion de l'aire de classes d'occupation du sol entre 1972 et 2010 en hectare.

## Discussion

### Approche méthodologique

La classification supervisée des images satellitaires Landsat, selon la méthode du «maximum de vraisemblance», présente un bon niveau. En effet, avec une précision globale de plus de 77%, les images classifiées sont acceptables (16). D'ailleurs les valeurs de l'indice de Kappa, supérieures à 50%, corroborent cette fiabilité des classifications (24). Quant à l'usage de l'arbre de décision (6) dans cette étude, il mérite quelques réflexions. En effet, l'identification des processus de transformation paysagère sur la base uniquement de trois indices de description de la structure paysagère (aire, périmètre et nombre de taches), est fortement influencée par la résolution spatiale des données images utilisées (11). Par exemple, l'usage d'autres données satellitaires à résolution spatiale plus ou moins faible donnerait sans doute des valeurs d'indices différentes pour la même zone d'étude, eu égard à la différence de taille de la plus petite tache liée au pixel (4, 23).

### Impacts des activités anthropiques sur la dynamique du paysage

L'un des faits marquants de la dynamique paysagère dans la commune de Tibiri est la dégradation de la végétation naturelle à travers une fragmentation des savanes arbustives «dense et claire». Cette transformation est la résultante des actions humaines telles que les activités agro-pastorales, et le déboisement. Les sécheresses des années 1970 et 1980 ont amplifié cette situation de dégradation des formations naturelles et d'insécurité alimentaire chronique à travers une forte baisse des productions agricoles (17). Assurer la sécurité alimentaire des populations locales dans un tel contexte est donc une question de survie dont la réponse serait l'extension des classes relatives aux cultures par la création de nouvelles taches.

Ainsi, l'extension de la superficie occupée par la matrice paysagère c'est-à-dire la classe «culture pluviale continue», s'explique non seulement par la très forte croissance démographique que connaît la commune de Tibiri, mais aussi du fait que l'agriculture demeure la principale activité économique.

Les grandes orientations politiques en matière de développement agricole, reposant sur l'accroissement des cultures d'exportation (arachide et coton) y ont également beaucoup contribué. Toutefois, la légère diminution de la superficie de cette classe pendant la période (1972-1986) est la résultante de la mise en œuvre de politiques rigoureuses de protection de l'environnement telles que le reboisement des zones dégradées et la régénération naturelle assistée. Quant à la diminution de la superficie de la classe «culture sous parc arboré» entre 1986 et 2001, elle s'explique par l'intensification de l'abattage des arbres dans les champs depuis l'avènement du processus de démocratisation politique au Niger (début des années 90).

L'augmentation de la superficie de la classe «mosaïque maraichage/plantation» est liée à la mise en œuvre d'une politique nationale de développement des cultures irriguées et/ou de contre saison dans les zones où les potentialités en eau existent afin de combler le déficit céréalier et atteindre l'autosuffisance alimentaire.

Un autre fait majeur de la dynamique paysagère dans la commune de Tibiri est le phénomène d'urbanisation rapide. Ce phénomène caractérisé par une importante expansion spatiale, s'effectue de manière spontanée et au-delà de toute forme de contrôle par les pouvoirs publics.

Du coup, les villes africaines, à l'image de ce qui s'observe dans la commune de Tibiri, dépassent leurs propres limites administratives et empiètent sur les zones rurales en absorbant dans ce processus les villages périphériques situés dans leur trajectoire de croissance (2).

## Conclusion

La présente étude constitue une contribution à la compréhension de la dynamique paysagère dans la commune de Tibiri (région de Maradi) de 1972 à 2010 par approche cartographique. De façon générale, les résultats de cette étude révèlent une tendance à la transformation continue du paysage de la commune de Tibiri en 39 ans (1972-2010). Cette transformation se traduit à travers plusieurs processus dont les plus dominants sont la fragmentation et la suppression.

Ces derniers sont fortement liés à l'intensification des activités agricoles (cultures pluviale et irriguée) et au phénomène de l'urbanisation qui impactent sur les formations naturelles (savanes arbustives dense et claire) et les zones de pâturage (mosaïque jachère/pâturage).

Ces résultats confirment donc l'hypothèse selon laquelle, la dynamique paysagère (changement de la structure spatiale) observée dans la commune de Tibiri est la conséquence des activités anthropiques (agricultures, exploitation du bois, urbanisation). Face à cette situation des mesures appropriées et durables doivent être prises en matière de protection de l'environnement, de la préservation et restauration de la biodiversité.

## Références bibliographiques

1. Abdel-Kawy O.R., Rod J.K., Ismail H.A. & Suliman A.S., 2011, Land use and land cover change detection in the western Nile delta of Egypt using remote sensing data, *Appl. Geogr.*, **31**, 483-494.
2. Abdourahmane I.S., Diouf A., Boubacar M.M., Satta A.S., Mahamane A. & Saâdou M., 2015, Dynamics of a third world city: Case of Niamey, Niger, *J. Geogr. Reg. Plann.*, **6**, 2070-1845.
3. Agrawal R. & Srikant R., 1994, Fast algorithms for mining association rules in large data bases, *J. Comput. Sci. Technol.*, **15**, 6, 487-499.
4. Bamba I., Mama A., Neuba D.F.R., Koffi K.J., Traore D., Visser M., Sinsin B., Lejoly J. & Bogaert J., 2008, Influence des actions anthropiques sur la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans la province du Bas Congo (République Démocratique du Congo), *Sci. Nat.*, **5**, 49-60.
5. Barima Y.S.S., Barbier N., Dossahoua T., Lejoly J. & Bogaert J., 2009, Dynamique paysagère en milieu de transition forêt-savane ivoirienne, *Bois. For. Trop.*, **1**, 15-25.
6. Bogaert J., Ceulmans R., & Salvador-Van E.D., 2004, Decision tree algorithm for detection of spatial processes in landscape, *Environ. Manage.*, **33**, 62-73.
7. Bouzou M.I., Faran M.O., Karimou A.J.M., Sarr B., Descroix L., Moustapha A.M., 2009, Les conséquences géomorphologiques de l'occupation des sols et des changements climatiques dans un bassin versant rural sahélien, *Sécheresse*, **20**, 1, 1-8.
8. Diallo H., Bamba I., Barima Y.S.S., Visser M., Ballo A., Mama A., Vranken I., Maiga M. & Bogaert J., 2011, Effets combinés du climat et des pressions anthropiques sur la dynamique évolutive de la dégradation d'une aire protégée du Mali (la Réserve de Fina, Boucle du Baoulé), *Sécheresse*, **22**, 97-107.
9. Diouf A., Barbier N., Lykke A.M., Couteron P., Deblauwe V., Mahamane A., Saâdou M. & Bogaert J., 2012, Relationships between fire history, edaphic factor and woody vegetation structure and composition in a semi-arid savanna landscape (Niger, West Africa), *Appl. Veg. Sci.*, **15**, 488-500.
10. ESRI, 2006, Corporation ARC GIS 9.3 software, 380 New York St., Redlands, CA 92373-8100 USA.
11. Giles R.H.J. & Trani M.K., 1999, Hey elements of landscape pattern measures, *Environ. Manage.*, **23**, 477-481.

12. Grouzis et Akpo E., 1996, Influence du couvert sur la régénération de quelques espèces ligneuses sahéniennes Nord (Sénégal, Afrique occidentale), *Webbia*, **50**, 2, 247-263.
13. Issaharou M I., Yamba B. & Yansheng G., 2012, Land-Use and Land-Cover Change in Semi- Arid Zone: The Case of Waro-Souloulou Area in Goulbi Maradi Watershed in the Republic of Niger, *Environ. Nat. Resour. Res.*, **2**, 1, 47-62.
14. ITT., 2009, *ITT Corporation ENVI 4.7 Software*, 1133 Westchester Avenue, White Plains, NY 10604, USA.
15. Karambiri H., Galiano S.G.G., Giraldo J.D., Yacouba H., Ibrahim B., Barbier B. & Polcher J., 2011. Assessing the impact of climate variability and climate change on runoff in West Africa: the case of Senegal and Nakambe River basins, *Atmos Sci. Lett.*, **12**, 1, 109-115.
16. Landis J.R., Koch G.G., 1977, The measurement of observer agreement for categorical data, *Biometry*, **33**, 159-74.
17. Lawali S. & Yamba B., 2012, Insécurité foncière, une menace pour l'agriculture familiale dans la région de Maradi, *J. Sci. Environ.*, **1**, 1, 35-42.
18. Mahamane A., Saâdou M., Yacoubou B., Issaka A, Ichaou A. & Saley K., 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.
19. Mahamane A., Saâdou M. & Lejoly J., 2007, Phénologie de quelques espèces ligneuses du parc national du W (Niger), *Secheresse*, **18**, 354-358.
20. Mama A., Sinsin B., De Cannière C. & Bogaert J., 2013, Anthropisation et dynamique des paysages en zone soudanienne au nord du Bénin, *Tropicultura*, **31**, 1, 78-88.
21. Martin M.E., Newman S.D., Aber J.D., & Congalton R.G., 1998, Determining Forest Species Composition Using High Spectral Resolution Remote Sensing Data, *Remote Sens. Environ.*, **65**, 249-254.
22. Mas J.F., 2000, Une revue des méthodes et des techniques de télédétection du changement, *Can. J. Remote Sens.*, **26**, 349-362.
23. Oszwald J., Lefebvre A., Arnault de Sartre X., Thales M., Gond V., 2010, Analyse des directions de changement des états de surface végétaux pour renseigner la dynamique du front pionnier de maçaranduba (para, Brésil) entre 1997 et 2006, *Télédétection*, **9**, 2, 97-111.
24. Pontius R.G.Jr., 2000, Quantification error versus location in comparison of categorical maps, *Photogramm. Eng. Rem. S.*, **66**, 8, 1011-1016.
25. Story M. & Congalton R.G., 1986, Accuracy Assessment: A User's Perspective. *Photogramm, Eng. Rem. S.*, **52**, 3, 397-399.
26. Sultan B., Janicot S., 2004, La variabilité climatique en Afrique de l'Ouest aux échelles saisonnière et intra-saisonnière: mise en place de la mousson et variabilité intra-saisonnière de la convection, *Sécheresse*, **15**,4, 1-10.

---

A-S. Satta, Nigérien, Doctorant, Université Dan Dicko Dan Koulodo de Maradi, Faculté d'Agronomie et des Sciences de l'environnement, Maradi, Niger.

A. Diouf, Nigérien, Ph D, Maître Assistant, Université Dan Dicko Dan Koulodo de Maradi, Faculté d'Agronomie et des Sciences de l'Environnement, Maradi, Niger.

S. Lawali, Nigérien, Ph D, Maître Assistant, Université Dan Dicko Dan Koulodo de Maradi, Faculté d'Agronomie et des Sciences de l'Environnement, Maradi, Niger.

M. Ouedrago, Burkinabé, Ph D, Chargé de recherche, Institut de l'Environnement et de Recherche Agricole (INERA), Ouagadougou, Burkina Faso.

J. Bogaert, Belge, Ph D, Professeur ordinaire, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Unité Biodiversité et Paysage, Gembloux, Belgique.

A. Mahamane, Nigérien, Professeur titulaire, Recteur de l'Université de Diffa, Diffa, Niger; Enseignant chercheur, Université Abdou Moumouni Niamey, Faculté des sciences et Techniques, Niamey, Niger.