

Dynamique de la structure paysagère du secteur sub-soudanais dans un contexte de croissance des pressions anthropiques: Cas du département de Dianra (nord-ouest de la Côte d'Ivoire)

[Dynamics of the landscape structure of the sub-sudanese sector in a context of increasing anthropic pressures: The case of the Dianra department (northwest Côte d'Ivoire)]

N'Guessan Olivier YAO¹, Akoua Tamia Madeleine KOUAKOU², Anny Estelle N'GUESSAN³, Kouassi Kouman Noel NANAN³, Mamadou SANGARE⁴, and Kouakou Edouard N'GUESSAN³

¹Laboratoire des Systématiques Herbiers et Musée botanique, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

²Unité de Formation et de Recherche en Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, Côte d'Ivoire

³Laboratoire des Milieux naturels et Conservation de la Biodiversité, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

⁴Société de Développement des FORêts 01 BP 3770 Abidjan 01, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The aim of this study is to map land use and analyse the dynamics of landscape structure through the spatial transformation processes that took place between 1987 and 2017. The analysis, using remote sensing, spatial indices and spatial transformation processes, showed a heterogeneous landscape associated with an increase in the extent of human activity over the period studied. The classes have undergone a number of spatial transformations, the most striking of which are dissection and fragmentation for natural formations and creation for artificial formations. These processes are linked to the combined effect of human activities and the natural dynamics of the region's plant formations.

KEYWORDS: Dynamics, Vegetation cover, Landscape structure, Anthropogenic activities, Sub-Sudanese, Dianra, Ivory Coast.

RESUME: La présente étude se propose de cartographier les occupations du sol et d'analyser la dynamique de la structure paysagère à travers les processus de transformation spatiale qui se sont opérés de 1987 à 2017. L'analyse, par télédétection, à travers les indices spatiaux et les processus de transformations spatiales ont montré une hétérogénéisation du paysage couplé à une croissance de l'emprise des activités anthropiques durant la période d'étude. Les classes ont été l'objet de plusieurs transformations spatiales dont les plus marquants sont la dissection et la fragmentation pour les formations naturelles et la création pour les formations d'origine anthropique. Ces processus sont liés à l'effet conjugué des activités anthropiques et de la dynamique naturelle des formations végétales de la zone.

MOTS-CLEFS: Dynamique, couvert végétal, Structure du paysage, Activités anthropiques, Sub-soudanais, Dianra, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

En Côte d'Ivoire, à l'instar du sud forestier, la partie septentrionale a connu ces dernières décennies, une dynamique paysagère marquée par une régression de la couverture végétale naturelle ([1], [2]). Diverses études ont démontré que la régression de la couverture forestière ivoirienne est liée aux activités anthropiques en général et à l'agriculture en particulier ([3], [4], [5]). En effet, l'accroissement démographique et l'intégration croissante des exploitations agricoles au marché ont fortement modifié les systèmes agraires et les systèmes de production ces vingt dernières années. Par ailleurs, le développement des cultures de rente, à l'origine focalisé dans les zones forestières de la Côte d'Ivoire, s'est ensuite étendue aux zones de transition forêt-savane et au domaine soudanais du Nord avec l'avènement et le développement de la culture de l'anacardier comme spéculation d'exportation ([6], [7]). Dans cette zone, le développement économique et les moyens de subsistance locaux reposent essentiellement sur les cultures de coton et de l'anacardier. Ces principales cultures,; surtout l'anacardier, apparaissent donc comme une menace pour l'environnement naturel en raison de l'expansion des terres cultivées [8]. Face à ce phénomène, la compréhension de l'évolution du couvert végétal devient une préoccupation majeure pour nos régions administratives dont les milieux subissent des dégradations majeures. Ainsi, l'Etat a élaboré une nouvelle stratégie de préservation, de réhabilitation et d'extension de ses forêts dont la mise en œuvre nécessite entre autres le suivi régulier de la dynamique d'occupation et d'usage des terres par télédétection [9]. En effet, la détection du changement de l'occupation et l'utilisation du sol basée sur les images de télédétection est une source importante d'informations pour divers systèmes d'aide à la décision [10]. De ce fait, l'écologie du paysage apparaît également comme un atout, un outil efficace car elle a l'avantage de prendre en compte des caractères spatiaux, paysagers et sociaux susceptibles d'influencer l'utilisation durable des ressources naturelles [11]. En effet, Chaque système écologique est caractérisé par une interdépendance de trois éléments clés: sa configuration, sa composition et son fonctionnement ([12]). Un changement d'un des éléments aura des répercussions sur les deux autres [13]. L'écologie du paysage permet donc de mettre en exergue l'impact humain sur la physionomie du paysage ([14], [15]). Les avantages de cette science ont amené plusieurs auteurs à l'utiliser pour l'analyse de la dynamique paysagère en Côte d'Ivoire ([16], [7], [17], [18]). Cependant, des études utilisant l'écologie du paysage comme outil, dans le Nord de la Côte d'Ivoire en général et dans le Département de Dianra en particulier, sont quasiment inexistantes. Pourtant, une meilleure compréhension de la dynamique du couvert végétal passe nécessairement par une analyse du système écologique. Ainsi, la présente étude a été initiée afin de décrire la dynamique de la structure paysagère du Département de Dianra ainsi que les facteurs exogènes ayant contribué à cette dynamique; un préalable à une gestion rationnelle de ses ressources naturelles.

Il s'est agi de façon spécifique de: (1) cartographier l'occupation du sol de la zone d'étude pour les années 1987, 2002 et 2017 et (2) analyser la structure paysagère et les processus de transformation spatiale en lien avec les activités anthropiques.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 SITE D'ÉTUDE

Le département de Dianra, auquel appartient notre zone d'étude, est situé au Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire, dans la région du Béré (District du Woroba) entre 6°46' et 5°58' de longitude Ouest et 8°23' et 9°19' de latitude Nord (Figure 1). Ce Département appartient au secteur Sub-Soudanais du domaine Soudanais de la Côte d'Ivoire [19]. Ce secteur est soumis au climat tropical subhumide (sub-soudanien de transition).

Les sols de la zone sont de types ferrallitiques faiblement désaturés ([20]; [21]). On y rencontre également les sols hydromorphes sur les alluvions des terrasses des fleuves et des bas-fonds. Le déficit hydrique annuel cumulé varie entre 700 et 800 mm [22]. La zone d'étude est le domaine des forêts claires et des savanes qui en dérivent. On y rencontre également des forêts galeries et des îlots forestiers denses d'un type plus sec [23].

Le site ayant fait l'objet de nos investigations est composé des espaces ruraux et du domaine privé Mamadou SANGARÉ qui non seulement renferme l'ensemble des formations naturelles de la zone mais bénéficie également d'une protection favorable à une dynamique spatiale naturelle des formations végétales (Figure 1).

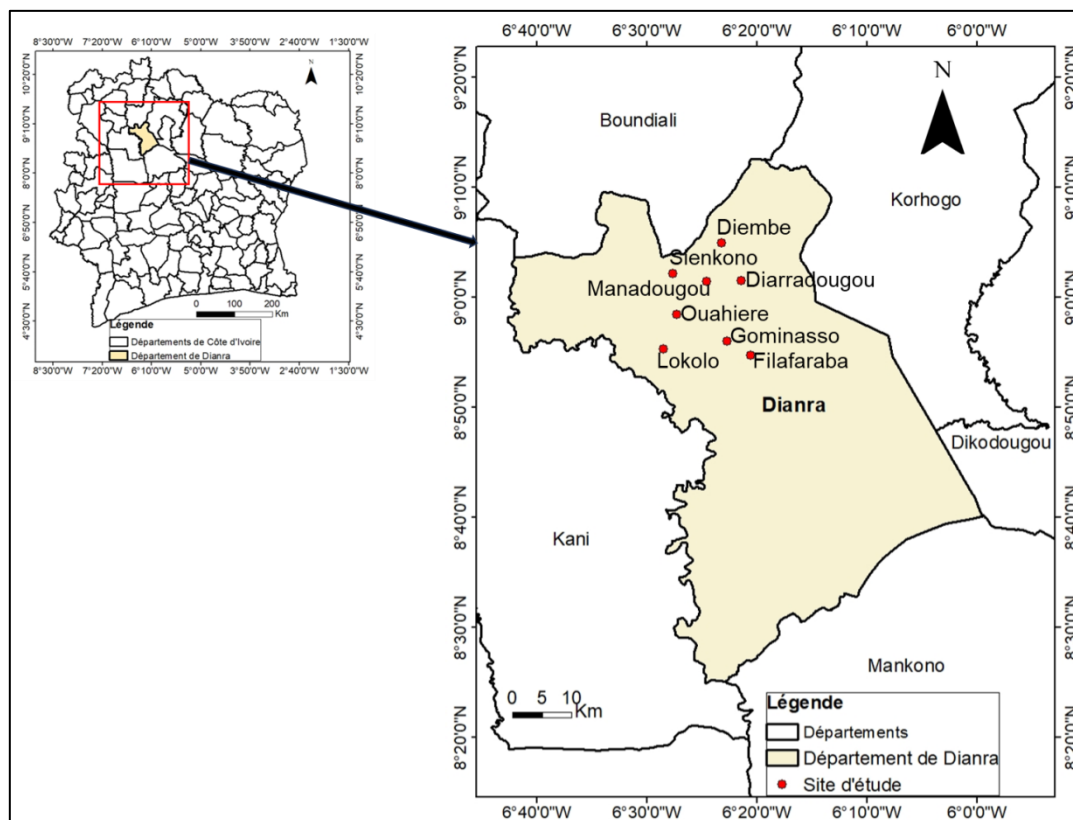


Fig. 1. Situation géographique de la zone d'étude dans le département de Dianra au Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire

2.2 CARTOGRAPHIE DE L'OCCUPATION DU SOL

2.2.1 COLLECTE DES DONNÉES

Les images satellitaires, utilisées dans le cadre de cette étude, acquises à travers le portail Earth explorer sont issues des capteurs Landsat (Thematic Mapper: TM du 20/12/1987, Enhanced Thematic Mapper Plus: ETM+ du 01/02/2002 et Landsat 8: OLI-TIRS du 28/01/2017). Le choix du satellite Landsat s'explique par sa grande variabilité spectrale, sa bonne résolution spectrale (30 m), son adaptation à l'étude de la végétation et des occupations du sol, la gratuité de ses images et la disponibilité d'images sur une longue période (depuis 1972). Quant à la période d'étude, l'année 1987 marque les premières années d'introduction de la culture d'anacardiens qui est la principale culture pérenne de la zone d'étude. Les années 2002 et 2017 ont été choisies en tenant compte du pas de temps nécessaire pour une bonne perception de la dynamique d'un milieu qui est de 10 ans

2.2.2 PRÉTRAITEMENT DES IMAGES SATELLITAIRES

Les prétraitements effectués ont porté, d'une part, sur les corrections atmosphérique et radiométrique qui ont respectivement pour objectif d'extraire du signal une information indépendante des effets de l'atmosphère et convertir les luminances en réflectances [24]. Le package Semi-automatic Classification Plugin (SCP) du logiciel QGIS 2.18.10 a été utilisé à cet effet.

Une fenêtre de travail de 797 pixels × 732 pixels a été isolée sur la scène suivie de la construction d'une image multibande.

2.2.3 TRAITEMENT DES IMAGES

Le prétraitement a été suivi du calcul des indices biophysiques issus de la transformation Tasseled cap du logiciel ENVI 4.7, à partir des bandes brutes. Ils ont pour objectif de discriminer les différents types de végétation par rapport à leur recouvrement au sol, l'intensité de leur activité photosynthétique, et leur humidité ou niveau de stress hydrique pendant la

saison sèche. Il s'agit respectivement de: l'indice de brillance des sols ou Brightness Index (BI), l'indice de luxuriance ou Greenness Index (GI), et l'indice d'humidité ou Wetness Index (WI) permet de mettre en évidence les surfaces humides. Parallèlement aux indices biophysiques, des compositions colorées ont été réalisées à partir des bandes brutes (visible, proche infrarouge et moyen infrarouge).

Les bandes utilisées, à cet effet, sont celles du rouge (du visible), du proche infrarouge (PIR) et du moyen infrarouge (MIR). La bande du rouge (R) se caractérise par une forte absorption de la lumière par la chlorophylle [25], celle du proche infrarouge (PIR) est sensible à la quantité de biomasse contenue dans la végétation et donc utile pour identifier les différents types de végétation et pour souligner les différences radiométriques entre les sols nus et les espaces agricoles [26]. La bande du moyen infrarouge (MIR) par contre est sensible à la quantité d'eau contenue dans les plantes [26]. Les bandes associées aux canaux, rouge, vert et bleu sont respectivement: 5-7-4 (MIR-PIR-R) pour 2017, 4-7-3 (MIR-PIR-R) pour 2002 et 5-4-3 (PIR-MIR-R) pour 1987.

La composition colorée de l'année 2017 a été importée dans le logiciel QGIS. Cette opération a été suivie du choix de points de visite en fonction des différentes couleurs correspondant aux classes. Leurs coordonnées ont été enregistrées dans un GPS. Ces points ont été visités et les occupations du sol correspondantes ont été identifiées, décrites et caractérisées lors des différentes phases de collecte de données sur le terrain. Ces points ont servi à la classification et à sa validation.

2.2.4 CLASSIFICATION DES IMAGES ET PRODUCTION DES CARTES

La classification s'est déroulée en deux étapes: la sélection des parcelles d'entraînement et l'application de l'algorithme de classification. Sur la base des connaissances avérées du terrain, la classification supervisée avec l'algorithme du maximum de vraisemblance a été utilisée pour la production d'images classifiées. Selon la référence [27], elle est la plus adaptée à l'étude thématique de la cartographie de la végétation. Un avantage considérable de cette méthode est qu'elle fournit pour chaque pixel, en plus de la classe à laquelle il a été affecté, un indice de certitude lié à ce choix [28].

Pour le traitement des images de 2002 et de 1987, la classification supervisée a été adoptée à travers l'algorithme du maximum de vraisemblance.

2.2.5 VALIDATION DES CLASSIFICATIONS

La validation a pour but d'évaluer le niveau de performance de la classification. Elle comporte deux étapes: le choix des parcelles de contrôle (points choisis, visités, décrits mais pas utilisés pour l'entraînement) et le calcul de la précision cartographique à travers la matrice de confusion. Divers indices ont été calculés pour l'évaluation de la précision globale.

Il s'agit de:

- La précision globale de la classification qui correspond à la moyenne des pourcentages des pixels correctement classés (MPCC):

$$MPCC = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_u$$

n est le nombre total des pixels inclus dans la matrice.

- Le coefficient Kappa qui donne une estimation plus précise (tient compte des pixels bien classés) de la qualité de la classification [29]:

$$K = \frac{n \sum_{i=1}^r M_c(i) - \sum_{i=1}^r m_1 m_2}{n^2 - \sum_{i=1}^r m_1 m_2}$$

Où r est le nombre de rangée de la matrice.

Une fois la validation effectuée, un filtre médian de 3x3 a été appliqué afin de réduire l'hétérogénéité intra classe par élimination des pixels isolés.

2.3 ANALYSE DE LA STRUCTURE DU PAYSAGE ET DES PROCESSUS DE TRANSFORMATION SPATIALE

2.3.1 ANALYSE QUANTITATIVE DE LA STRUCTURE DU PAYSAGE

L'analyse quantitative de la structure du paysage a été évaluée pour chaque date à travers les mesures ou indices de l'écologie du paysage. Cette analyse a porté sur la composition (présence et abondance de taches ou de types de taches) et la configuration (distribution et arrangement spatial des taches) du paysage. La principale finalité de ces indices consiste à décrire des structures paysagères et leur évolution dans le temps ainsi qu'à évaluer les fonctions et les processus écologiques qui s'y déroulent [30]. Ils sont souvent un indicateur de l'impact humain sur la physionomie du paysage ([15], [31]). Parmi ces indices, la densité, l'aire et le périmètre des taches sont souvent considérés comme les éléments essentiels de la configuration du paysage ([32], [33]).

Pour la présente étude, cette analyse a été effectuée à l'échelle du paysage et de la classe. A l'échelle du paysage les indices calculés sont: l'indice de perturbation (U), l'indice de Contagion (CONTAG).

L'indice de Contagion (CONTAG), compris entre 0 et 100, mesure l'agrégation spatiale des taches au niveau du paysage. Il évalue à la fois l'Interspersion de type tache (le mélange d'unités de différents types de tache) ainsi que la dispersion de tache (la distribution spatiale d'un type de tache) au niveau du paysage. Une valeur élevée de CONTAG traduit une faible Interspersion et une grande Dispersion; conduisant à la colonisation et à la diffusion potentielle des perturbations tandis qu'une valeur faible traduit une grande Interspersion et une faible Dispersion [34]

Sa formule est la suivante:

$$\text{CONTAG} = \left[1 + \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^m \left[P_i \frac{g_{ik}}{\sum_{k=1}^m g_{ik}} \right] \left[\ln \left(P_i \frac{g_{ik}}{\sum_{k=1}^m g_{ik}} \right) \right]}{2 \ln(m)} \right] \quad (100)$$

P_i = proportion du paysage occupée par type de tache (classe) i , g_{ik} = nombre de adjacences (jointures) entre les pixels des types de tache (classes) i et k basés sur la méthode du double compte, m = nombre de types de tache (classes) présents dans le paysage, y compris la bordure du paysage, le cas échéant.

L'indice de perturbation (U) correspond au rapport entre l'aire cumulative des classes anthropiques et l'aire cumulative des classes naturelles. Il indique une dominance des classes anthropiques quand il est supérieur à 1 et une dominance des classes naturelles s'il est inférieur à 1 selon la référence [35]. Il a été utilisé pour évaluer le degré d'anthropisation du paysage pour les différentes dates. Son expression est la suivante:

$$U = \frac{\sum_{i=0}^n a_a}{\sum_{n=0}^n a_n}$$

a_a : aire de classe d'origine anthropique et a_n : aire de classe naturelle.

2.3.2 ANALYSE DES PROCESSUS DE TRANSFORMATION SPATIALE

A l'échelle des classes, la structure spatiale a été analysée à travers les mesures de transformation spatiale qui décrivent les changements qui s'opèrent au sein d'une mosaïque paysagère, d'un temps T_0 à T_1 . Ils ont été mis en évidence à travers l'arbre de Décision proposé par [36] qui utilise comme paramètres, le nombre (n), l'aire (a) et le périmètre cumulatif des taches (p) pour chaque classe; aux temps T_0 et T_1 . Selon ces auteurs, il existe dix processus de transformations du paysage que sont: l'agrégation (fusion de taches), la suppression (disparition de taches), la création (formation de nouvelles taches), la déformation (changement de forme des taches), l'agrandissement (expansion de taille des taches), la perforation (formation de trous dans les taches), le déplacement (translocation des taches) le rétrécissement (réduction de taille des taches), la fragmentation (rupture de la continuité en plusieurs taches disjointes) et la dissection (subdivision des taches par des lignes de petite dimension) (**Figure 2**).

Pour faire une différence entre les processus de fragmentation et de dissection, une valeur seuil ($t = 0,5$) est utilisée. Cette valeur (t) est comparée à une valeur t observé ($t_{obs} = \text{aire}_1 / \text{aire}_0$). Si $t_{obs} < t$ le processus dominant la classe est la fragmentation et dans le cas contraire, il s'agira de la dissection [36].

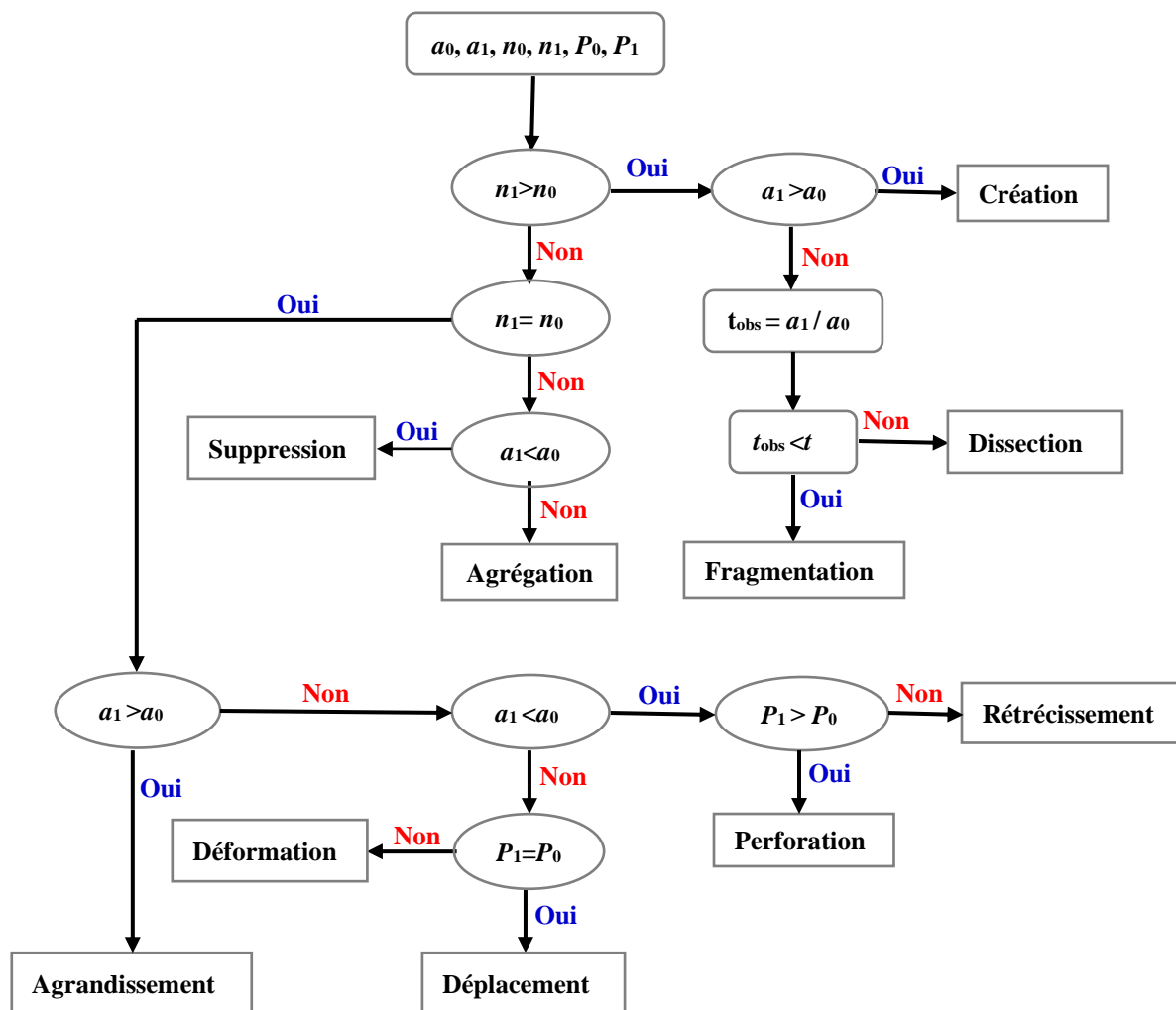


Fig. 2. Identification du processus de transformation spatiale selon l'arbre de décision de [36].

n_0, a_0, p_0 et n_1, a_1, p_1 sont respectivement le nombre, l'aire et le périmètre des taches de la date initiale et de la date finale d'une période

Par ailleurs, dans le but d'avoir plus de précision sur la nature des transformations spatiales et d'en déduire leur origine, nous avons adjoint à celles-ci, le calcul d'indices tels que: la dominance D , l'indice d'agrégation AI (%) et l'indice de juxtaposition et d'interspersion (IJI). La dominance D (%) évalue la proportion d'aire occupée par la tache dominante de la classe. Plus la valeur de la dominance est grande, moins la classe est fragmentée [31]. Elle s'exprime selon la formule suivante:

$$D_j(a) = \frac{a_{\max ij}}{a_{ij}} \times 100$$

$a_{\max,j}$: plus grande tache de la classe j et a_j : l'aire totale de la classe j

Avec a_{ij} = aire (m^2) de la tache ij

L'indice d'agrégation AI (%) est compris entre 0 et 100. Il mesure la fréquence avec laquelle des paires des pixels d'une même classe sont adjacentes. Une valeur de AI élevée stipule des unités adjacentes et donc des taches agrégées. Son expression est la suivante:

$$AI = \left[\sum_{i=1}^m \left(\frac{g_{ii}}{\max \rightarrow g_{ii}} \right) P_i \right]$$

g_{ii} = nombre d'adjacences similaires (jointures) entre les pixels du type de tache (classe) i basé sur la méthode du compte unique et $\max-g_{ii}$ =nombre maximal d'adjacences similaires (jointures) entre les pixels du type de tache (classe) basé sur la méthode du compte unique.

L'indice de juxtaposition et d'interspersion (IJI) compris entre $0 < IJI \leq 100$, mesure l'adjacence entre types d'occupation de sol différents ou le pourcentage d'adjacences d'une classe et le reste des classes. Une valeur de IJI égale à 100 indique une classe adjacente avec toutes les autres classes et une interspersion maximale et juxtaposition. Ainsi, un paysage agrégé tend à présenter une dispersion et une interspersion faibles, alors qu'un paysage désagrégé tend à présenter une dispersion et une interspersion élevées. Sa formule mathématique est:

$$IJI = \frac{-\sum_{i=1}^m \sum_{k=i+1}^m \left[\left(\frac{e_{ik}}{E} \right) \ln \left(\frac{e_{ik}}{E} \right) \right]}{\ln(0.5[m(m-1)])} \quad (100)$$

e_{ik} = longueur totale (m) de l'arête dans le paysage entre les types de classes i et k .

E = longueur totale (m) de l'arête dans le paysage, à l'exclusion de l'arrière-plan.

m = nombre de types de taches (classes) présents dans le paysage, y compris la bordure du paysage, le cas échéant.

3 RESULTATS

3.1 CARTOGRAPHIE DES OCCUPATIONS DU SOL

La classification supervisée adoptée a révélé l'existence de 7 occupations du sol pour les années 2017 et 2002 et 6 pour l'année 1987 (Figure 3, 4 et 5). Il s'agit des classes, Forêts sèches/Forêts galeries (FS_FG), Forêts claires/Savanes boisées/Jachères âgées (FC_SB_JA), Savanes arborées/Jachères âgées (Sarbo_JA), Savanes arbustives/Jachères âgées (Sarbu_JA), Jachères jeunes (Ja_Jeune), Plantations d'anacardiens (Anac), Sols nus-localités-Cultures annuelles (SN_Cul An_Local).

Les précisions globales de la cartographie sont de 94,53 %, 92,44 % et 94,75 % respectivement pour 2017, 2002 et 1987 (Tableau I). Ces valeurs montrent qu'au moins 90 % des pixels ont été correctement classés, pour les différentes dates. Les valeurs de coefficient Kappa sont de 0,93, 0,91 et 0,93 respectivement pour les années 2017, 2002 et 1987 et montrent que les classifications sont excellentes. Malgré la qualité des classifications, de légères confusions ont été observées entre certaines classes. Les confusions les plus élevées ont été observées entre les classes Forêts sèches/Forêts galeries (FS_FG) et Forêts claires/Savanes boisées (FC_SB) pour 2017 et 1987 avec des valeurs de 7,59 % et de 7,94 %. En 2002, elle a été observée entre les classes Savane arborée et Savane arbustive avec une valeur de 8,54 %.

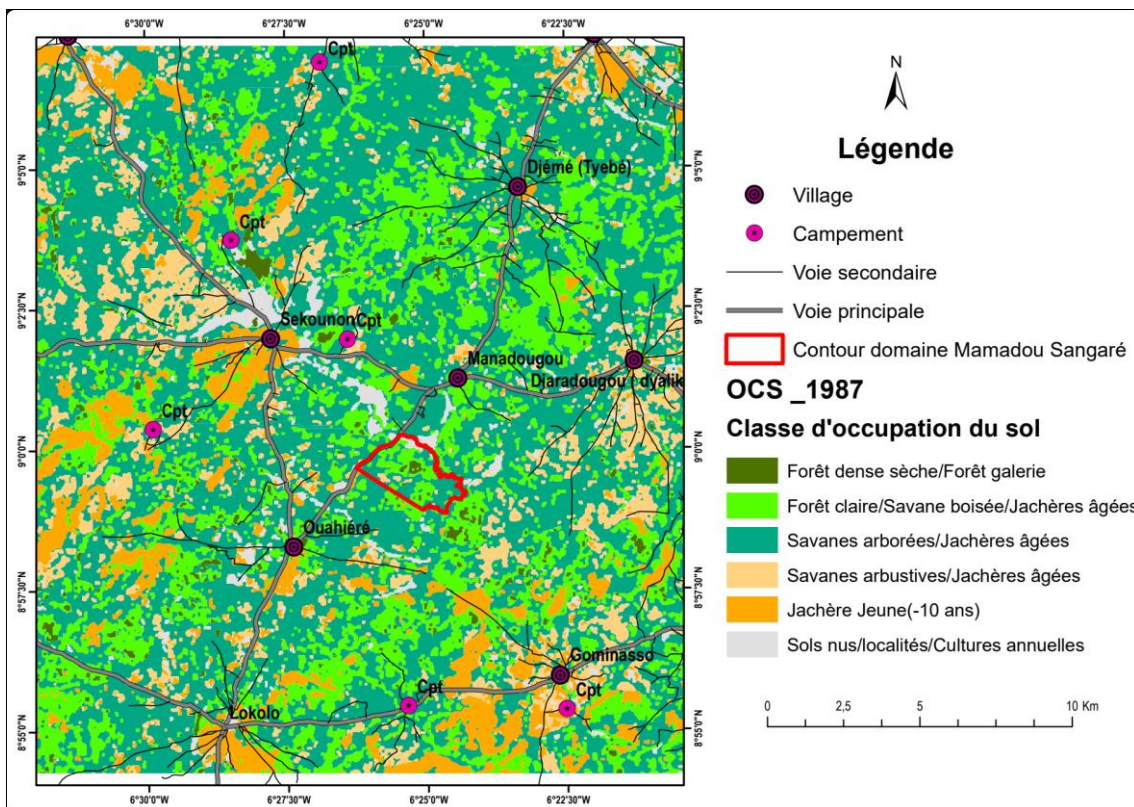


Fig. 3. Carte d'occupations du sol de la zone d'étude de l'année 1987

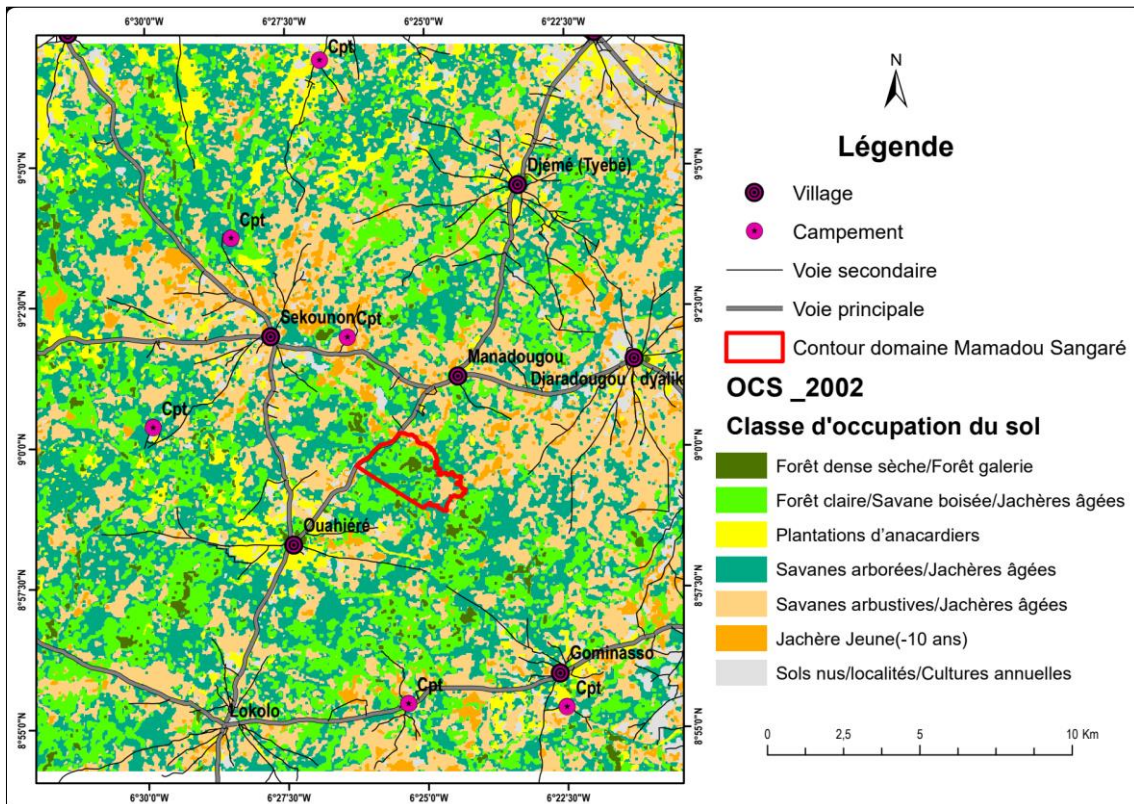


Fig. 4. Carte d'occupations du sol de la zone d'étude de l'année 2002

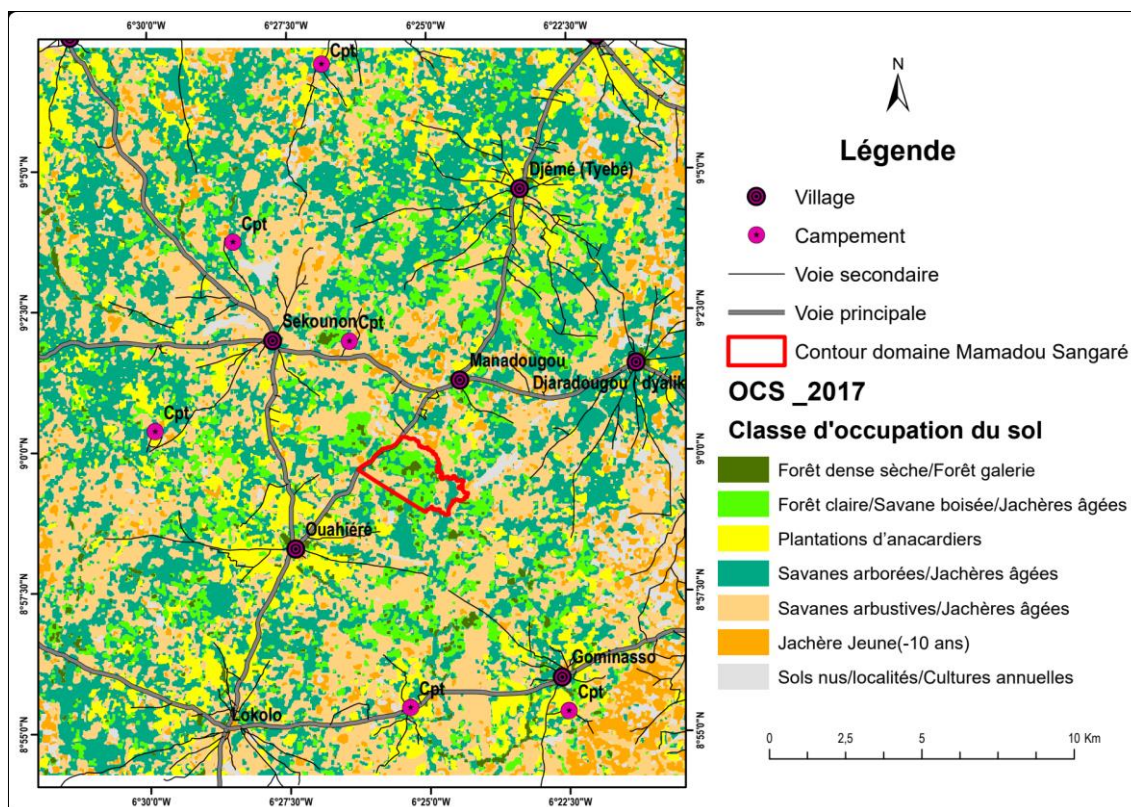


Fig. 5. Carte d'occupations du sol de la zone d'étude de l'année 2017

Tableau 1. Récapitulatif des valeurs de précisions globales et de coefficient Kappa de la cartographie de la zone d'étude en 1987, 2002 et 2017

Années	Précision globale (MPCC) (%)	Coefficient Kappa (%)
2017	94,53	0,93
2002	92,44	0,91
1987	94,75	0,93

3.2 STRUCTURE SPATIALE ET PROCESSUS DE TRANSFORMATION SPATIALE

L'indice de Contagion a permis d'analyser la distribution et l'arrangement spatial des taches à l'échelle du paysage (Figure 4). En 1987, le paysage dispose d'une valeur moyenne de contagion (52,5 %). Cette valeur traduit une agrégation moyenne des taches des différentes classes de même qu'une dispersion (taux de contacts similaires) et une interspersion (taux de contacts entre classe) moyenne.

En 2002, la contagion connaît une baisse de 6 %. Cette valeur montre que le taux de contacts entre les taches de différentes classes a augmenté. Elle traduit également une baisse du taux de contacts similaires au sein du paysage. En 2017, la contagion enregistre la même valeur qu'en 2002 et indique que le paysage enregistre le même niveau d'interspersion de taches des différentes classes. En somme, le paysage a connu une hétérogénéisation durant la période d'étude.

La valeur de l'indice de perturbation (U) croît de 0,16, à 0,19 pour la période 1987-2002 et de 0,19 à 0,27, pour la période, 2002-2017 (Figure 4). Ces valeurs proches de 0 indiquent une dominance des formations naturelles pour les différentes périodes. Cependant, l'augmentation de la valeur de U au fil du temps indique une progression de la superficie des formations anthropiques au détriment des formations naturelles. Ce résultat traduit une augmentation de l'anthropisation au fil des années.

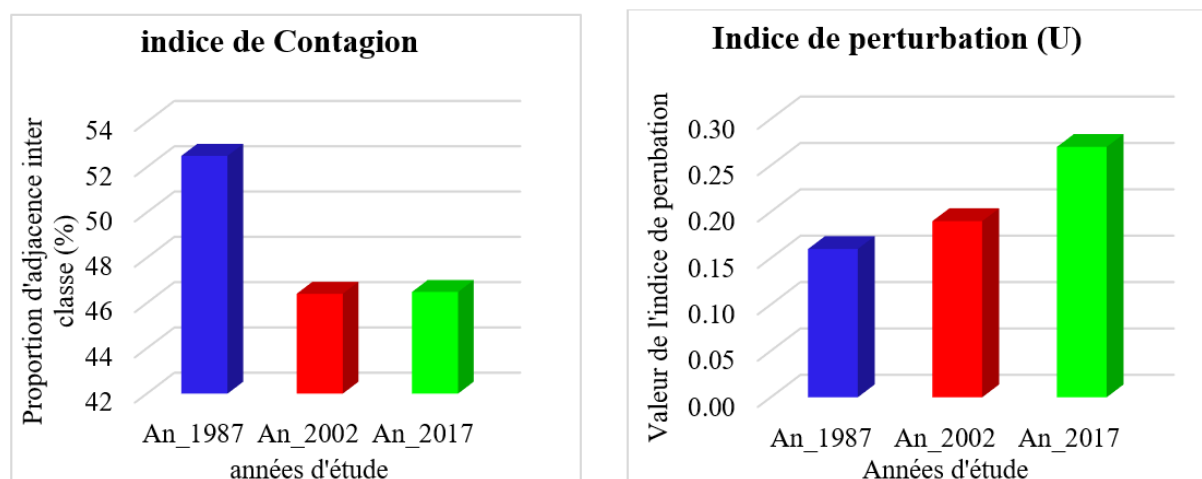


Fig. 6. Histogrammes des indices de structure spatiale du paysage

L'analyse des indices des différentes classes montrent que celles-ci ont été soumises à différents processus écologiques durant la période de l'étude (Tableaux II et III).

Durant la période de 1987 à 2002, la classe Forêt Sèche_Forêt Galerie connaît une réduction du nombre de taches et une augmentation de l'aire de la classe (Tableaux II). Cette période est également marquée par une augmentation de la taille de la tache dominante (Dj), synonyme de la fusion de plusieurs taches. Cette agrégation est confirmée par l'augmentation du taux d'adjacences similaires (augmentation de AI et baisse de IJI) (Tableaux III).

Au cours de la période de 2002 à 2017, on assiste à une augmentation du nombre de taches couplée à une réduction de l'aire. Ces résultats traduisent une dissection de la classe FS_FG ($t_{obs} = 0,99$). Par ailleurs, on assiste à une réduction de l'aire de la tache dominante (Dj). L'analyse des valeurs de AI et de IJI montre une augmentation du taux de contacts entre la classe FS_FG et les autres classes et confirme cette dissection. En conclusion, cette classe a subi durant cette période une dissection mais l'agriculture ne constitue pas la principale cause.

La classe Forêt Claire_Savane Boisée_Jachère âgée a connu, durant la période 1987 à 2002, une croissance du nombre de taches et une baisse de l'aire moyenne de taches traduisant une dissection ($t_{obs} = 0,96$). La réduction du taux d'adjacences similaires de cette classe (croissance de AI) et l'augmentation du taux de contacts avec les autres classes confirment cette dissection (Tableau III).

La seconde période (2002-2017) est marquée par une augmentation du nombre de taches, une réduction de l'aire (Tableaux II et III) et de la proportion de la tache dominante (Tableau III). La classe FC_SB_ja âgée a donc subi une fragmentation durant cette période ($t_{obs} = 0,16$). L'augmentation du taux de contacts avec d'autres classes démontre cette fragmentation (Tableau III).

La classe Savane arborée_jachère âgée a connu, durant la période 1987 à 2002, une augmentation du nombre de taches, une réduction de l'aire et de la tache dominante. Elle a subi une dissection ($t_{obs} = 0,66$). De même, la baisse de la valeur de AI traduit une décroissance du taux d'adjacences similaires et confirme la dissection de la classe. Cependant, la baisse de la valeur de IJI traduit aussi, une augmentation du taux d'adjacences similaires. Cette augmentation s'explique par le fait que cette classe constitue la matrice du paysage.

De 2002-2017, elle a connu une création de taches qui se traduit par la croissance du nombre de taches et de l'aire. Cette création serait issue de la conversion de taches isolées d'autres classes en savane arborée ce qui induit à la fois une augmentation du taux de contacts similaires et du taux de contacts avec d'autres classes.

Au titre de la classe Savane arbustive_jachère âgée, de 1987 à 2002, cette classe a connu une croissance du nombre de taches et de l'aire moyenne de tache. Il y a eu donc création de nouvelles taches. L'aire de la tache dominante a connu également une croissance, ce qui montre qu'il y a également eu une fusion de certaines taches. L'augmentation de la valeur de AI montre que le nombre d'adjacences similaires de cette classe a augmenté, ce qui confirme la fusion de certaines taches entraînant la croissance de la tache dominante (Tableau III). De même, l'augmentation de la valeur de IJI montre que la création de nouvelles taches a favorisé la croissance du taux de contacts avec d'autres classes (Tableau III)

De 2002-2017, on assiste à une augmentation du nombre de taches et de l'aire de la classe. La classe savane arbustive_jachère âgée a connu un processus de création de taches durant cette période. L'augmentation de la valeur de IJI montre que le taux de contacts avec d'autres classes a augmenté (Tableau III), certainement dû aux nouvelles taches créées.

De 2002 à 2017, le nombre de taches, l'aire moyenne et la taille de la tache dominante de la classe anacardiens ont augmenté. Cette classe a connu la création de nouvelles taches. Le taux d'adjacences similaires (AI) déjà très élevé augmente davantage, tandis que le taux de contacts avec les autres classes (IJI) diminue. Ce qui montre que les taches créées sont de grande taille et ce fait est confirmé par l'augmentation de la taille de la tache dominante.

Au cours de la période de 1987 à 2002, le nombre de taches de la classe Jachère jeune a augmenté tandis que l'aire de la classe et la taille de la tache dominante ont baissé. Ces résultats traduisent une fragmentation de cette classe durant cette période ($t_{obs} = 0,45$). L'analyse de l'indice d'agrégation (AI) montre que le nombre d'adjacence similaire a baissé. Par contre, l'indice d'interspersion et de juxtaposition (IJI) montre une baisse du taux de contacts de cette classe avec les autres (Tableau III). Ces résultats qui semblent contradictoires se justifient d'une part par la suppression de taches ce qui va favoriser la réduction de contacts avec les autres classes et entraîner la baisse de IJI et d'autre part par la fragmentation des taches restantes, ce qui est à la base de la réduction du taux d'adjacences similaires, de l'aire de la classe et de la taille dominante. En effet, le caractère transitoire de cette classe pourrait expliquer cette dynamique spatiale.

La seconde période (2002-2017), est marquée par une augmentation du nombre de taches, de l'aire et de la taille de la tache dominante. Il y a eu durant cette période, une création de nouvelles taches de jachère jeune. Par ailleurs, la croissance de la taille de la tache dominante montre que ces nouvelles taches ont de grandes superficies. La baisse de la valeur de IJI (contacts avec les autres classes) confirme non seulement la grande taille de ces nouvelles taches mais montre également que ces taches partagent moins de contacts avec les autres (Tableau III).

De 1987 à 2002, la classe Sols nus_cultures annuelles_localité a connu une baisse du nombre de taches, une augmentation de l'aire et une baisse de la taille de la tache dominante. Cette classe a enregistré comme processus écologique une agrégation de petites taches. Cependant, la baisse de l'aire de la tache dominante montre qu'en plus de la fusion, il y a eu une suppression de taches de grande superficie. AI connaît une légère hausse tandis que IJI décroît. Ces résultats sont synonymes de l'augmentation du taux d'adjacences similaires et d'une agrégation de la classe.

De 2002-2017, on assiste à une baisse du nombre de taches, de l'aire et de la taille de la tache dominante. Il y a eu suppression de taches durant cette période. La baisse du taux d'adjacences avec les autres classes confirme la disparition de tache de cette classe. En effet, en dehors des sols nus et des localités qui varient très peu, les cultures annuelles sont converties en cultures pérennes ou en jachère. La suppression des taches de cette classe est essentiellement liée à la conversion des cultures annuelles en d'autres types d'occupations du sol.

Tableau 2. Processus de transformation spatiale des classes d'occupation du sol

Classes	Périodes	Evolution des valeurs des paramètres des occupations du sol par période						Processus de transformation Spatiale
		Nombre de taches (np)		Aire de la classe (a)		Périmètre de la classe		
Forêt Sèche_Forêt Galerie	1987-2002	-88	$np_1 < np_0$	146,04	$a_1 > a_0$	-13,14	$P_1 > P_0$	Agrégation
	2002-2017	324	$np_1 > np_0$	-68,1	$a_1 < a_0$	85,46	$P_1 > P_0$	Dissection ($t_{obs} = 0,99$)
Forêt Claire_Savane Boisée_Jachère âgée	1987-2002	235	$np_1 > np_0$	-472,95	$a_1 < a_0$	1134,28	$P_1 > P_0$	Dissection ($t_{obs} = 0,96$)
	2002-2017	570	$np_1 > np_0$	-9262,89	$a_1 < a_0$	-729,42	$P_1 < P_0$	Fragmentation ($t_{obs} = 0,16$)
Savane arborée_Jachère âgée	1987-2002	1078	$np_1 > np_0$	-9185,94	$a_1 < a_0$	410,34	$P_1 > P_0$	Dissection ($t_{obs} = 0,66$)
	2002-2017	242	$np_1 > np_0$	70,38	$a_1 > a_0$	-178,08	$P_1 < P_0$	Création
Savane arbustive_Jachère âgée	1987-2002	134	$np_1 > np_0$	8650,26	$a_1 > a_0$	1287,48	$P_1 > P_0$	Création
	2002-2017	45	$np_1 > np_0$	2821,32	$a_1 > a_0$	460,02	$P_1 > P_0$	Création
Anacardiens	1987-2002	959	$np_1 > np_0$	3607,2	$a_1 > a_0$	849,18	$P_1 > P_0$	Création
	2002-2017	157	$np_1 > np_0$	2765,43	$a_1 > a_0$	334,8	$P_1 > P_0$	Création
Jachère jeune	1987-2002	259	$np_1 > np_0$	-3089,7	$a_1 < a_0$	-198,36	$P_1 < P_0$	Fragmentation ($t_{obs} = 0,45$)
	2002-2017	84	$np_1 > np_0$	861,03	$a_1 > a_0$	150,84	$P_1 > P_0$	Création
Sols nus_Culture annuelle_Localité	1987-2002	-38	$np_1 < np_0$	342,27	$a_1 > a_0$	72,12	$P_1 > P_0$	Agrégation
	2002-2017	-27	$np_1 < np_0$	-387,54	$a_1 < a_0$	-77,34	$P_1 < P_0$	suppression

Tableau 3. Récapitulatif des valeurs des Indices de la structure spatiale des différentes occupations du sol en 1987, 2002 et 2017

Forêt Sèche_Forêt Galerie			
Périodes	Dj	AI	IJI
An_1987	1,29	76,37	52,64
An_2002	4,18	78,82	44,6
An_2017	1,76	72,51	68,98
Forêt Claire_Savane Boisée_jachère âgée			
Périodes	Dj	AI	IJI
An_1987	8,87	86,77	47,84
An_2002	10,8	85,42	62,8
An_2017	2,12	78,11	65,12
Savane Arborée_jachère âgée			
Périodes	Dj	AI	IJI
An_1987	94,18	91,54	70,8
An_2002	14,34	85,44	65,08
An_2017	14,33	86,24	69,23
Savane Arbustive_jachère âgée			
Périodes	Dj	AI	IJI
An_1987	6,75	83,6	49,52
An_2002	16,35	86,83	63,4
An_2017	32,93	87	71,28
Anacarde			
Périodes	Dj	AI	IJI
An_1987	0	0	0
An_2002	6,98	82,76	75,43
An_2017	8,05	86,39	62,02
Jachère jeune			
Périodes	Dj	AI	IJI
An_1987	7,96	88,58	76,38
An_2002	4,01	80,08	61,02
An_2017	15,93	81,89	57,28
Sol Nu_Cultures Annuelles_Localité			
Périodes	Dj	AI	IJI
An_1987	10,48	80,41	79,94
An_2002	5,17	81,07	76
An_2017	4,37	80,12	63,98

4 DISCUSSION

4.1 APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE DE LA DYNAMIQUE STRUCTURALE DES OCCUPATIONS DU SOL

L'usage des indices paysagers pour l'étude de la structure spatiale du paysage est d'un apport essentiel dans le cadre de l'étude de la dynamique des occupations du sol d'une région donnée. En effet, les dynamiques conditionnent la disponibilité des ressources naturelles [37]. Une combinaison de méthodes pour l'étude de la dynamique du couvert végétal s'avère nécessaire pour une meilleure compréhension dans les changements d'occupation du sol, un préalable à une meilleure gestion des ressources naturelles dans les pays dont les écosystèmes subissent de fortes pressions anthropiques [38]. Ce sont les arguments susmentionnés qui ont motivé l'association de l'écologie du paysage et de la télédétection dans le cadre de la présente étude. Des auteurs tels que les références [16], [33], [37] et [39] ont également associé, l'écologie du paysage à la télédétection et / ou à l'inventaire botanique pour l'étude de la dynamique de la végétation. En effet, bien que, l'analyse des

occupations du sol, permette de percevoir les tendances évolutives de chaque occupation du sol le long du gradient temporel, elle ne donne aucune information sur la configuration spatiale des différentes composantes du paysage. La référence [39] abordant dans le même sens, ont affirmé que l'étude de la dynamique du paysage à travers l'imagerie satellitale constitue un élément important dans la gestion des ressources naturelles et le suivi des changements environnementaux car permet de décrire et de quantifier les changements intervenus dans le temps et l'espace d'une unité d'occupation des sols.

Les indices utilisés pour la quantification de la structure du paysage s'avèrent souvent redondants dans les informations véhiculées comme l'ont mentionné plusieurs auteurs ([40], [41]). Les indices les plus pertinents pour la quantification de la composition du paysage sont le nombre de taches, l'aire et le périmètre ([32], [33]). Bien que ces trois indices soient les plus pertinents dans la détermination des processus de transformation spatiale, ils ne permettraient pas de déduire l'origine de ces transformations. Nous avons donc adjoint à ces indices, la dominance D, l'indice d'agrégation AI (%) et l'indice de juxtaposition et d'interspersion (IJI) et l'indice de perturbation (U) afin de mesurer le lien entre le processus écologique subi par la classe ou le paysage et le développement des activités anthropiques.

4.2 IMPACTS DES ACTIVITÉS ANTHROPIQUES SUR LA STRUCTURE SPATIALE DU PAYSAGE

Le paysage de la zone de Dianra a connu une hétérogénéisation sur la période de l'étude (1987-2017) avec l'apparition de la classe anacardières, absente en 1987 et une augmentation du taux de contacts entre les taches des différentes classes d'occupations du sol. Par ailleurs, la croissance de l'indice de perturbation révèle que les transformations spatiales opérées dans le paysage sont en grande partie liées aux activités anthropiques. Plusieurs études sont parvenues aux mêmes résultats que les nôtres ([39], [41], [42], [43], [44]). À l'échelle des différentes classes, les processus de transformations spatiales qui se sont réalisés sont l'agrégation, la dissection, la fragmentation, la création et la suppression. Au sein des classes correspondant aux formations végétales naturelles, les processus les plus en vue sont la dissection et la fragmentation. Selon la référence [37], la fragmentation est un processus spécifique aux milieux naturels tels que les forêts. Ce processus serait lié à l'intensification des activités agricoles [42]. Ces processus qui ont dominé ces formations naturelles décrivent selon la référence [36], une dégradation de la couverture végétale. Parmi ces processus, la dissection est celui qui est commun à l'ensemble des formations naturelles de notre zone d'étude. Cette dissection serait liée à l'évolution naturelle des formations végétales; dont les facteurs déterminants seraient les changements climatiques, la baisse des précipitations, le pâturage et le feu comme le soutiennent les références [45], [46].

Le processus marquant la classe anacardières est la création de nouvelles taches. Ce processus s'explique par l'expansion de la culture de l'anacardier qui constitue avec le coton la source de revenu majeur de la zone d'étude [8].

5 CONCLUSION

L'analyse de la structure paysagère du Département de Dianra à travers les indices de paysages a permis de mettre en évidence les transformations spatiales qui se sont opérées durant les 30 années ainsi que l'influence des activités anthropiques sur cette dynamique paysagère. Il ressort de cette étude que la végétation de la zone a connu une hétérogénéisation durant la période d'étude.

Au titre des transformations spatiales au niveau des classes, les formations naturelles ont été plus marquées par la fragmentation et la dissection. A l'opposé, les formations d'origine anthropiques telle que la classe anacardières a connu la création de nouvelles taches durant la période d'étude. L'étude révèle par ailleurs qu'en ce qui concerne l'origine des transformations, il y a l'effet combiné des activités agricoles ainsi que l'évolution naturelle des formations végétales caractéristiques de la zone mais avec une influence de facteurs climatiques et anthropiques.

REFERENCES

- [1] Y. L. Akpa, N. H. Dibi, J. H. Danumah, B. K. Kpangui And V. C. Jofack-Sokeng, «Mapping natural vegetation vulnerability to cash crop expansion: the case of cashew plantation in north-east Cote d'Ivoire», *International Journal of Current Research*, 11, (09), 6836-6843, 2019.
- [2] K. E. Konan And, R. Amani, «Apports des images LANDSAT à la dynamique de l'occupation du sol et à l'analyse des conflits d'usage dans le département de Dianra au nord de la Côte d'Ivoire,» *Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection*, 223, 232-249, 2021.
- [3] M. Kone, K. Kouadio, Y. L. Kouadio, N. F. R. Danho And D. F. Malan, «« Dégradation de la forêt dense humide tropicale, cas de la région de l'indéniéDjuablin à l'est de la Côte d'Ivoire», *Journal of Animal & Plant Sciences*, vol. 21, 15 p, 2014.

- [4] J. E. N. Abrou, D. Kouame And Y. C. Y. Adou, «Diversité floristique des communautés végétales dans l'espace de la forêt des marais Tanoe-Ehy (FMTE), Sud-Est de la Côte d'Ivoire», *International journal of biological and chemical sciences*, 13 (6), 2874-2887, 2019.
- [5] A. G. P. Séka And T. I. A. Lazare, «Contribution of geomatics to the analysis of the dynamics of degradation of the Mafé classified forest linked to anthropic pressures (Côte d'Ivoire),» *Revue Resol-Tropiques*, 3 (1), 13-27, 2022.
- [6] A. V. Koulibaly, Caractéristiques de la végétation et dynamique de la régénération, sous l'influence de l'utilisation des terres, dans des mosaïques forêts-savanes, des régions de la réserve de Lamto et du parc national de la Comoé, en côte d'Ivoire. Thèse de doctorat, Laboratoire de Botanique, Université de Cocody, Abidjan, 150 p, 2008.
- [7] Y. S. S. Barima, N. Barbier, I. Bamba, D. Traoré, J. Lejoly And J. Bogaert, «Dynamique paysagère en milieu de transition forêt-savane ivoirienne,» *Bois & Forêts des Tropiques*, 299 (299): 15-25, 2009.
- [8] P. Dugue, R. Kone And G. Kone, «Gestion des ressources naturelles et évolution des systèmes de production agricoles des savanes de Côte d'Ivoire. Conséquences pour l'élaboration des politiques agricoles,» *Cahiers Agricultures*; 12: 267-273, 2003.
- [9] V. Jofack Sokeng., Y. L. Akpa, T. Assoma, F. Kouamé, S. Corgne and J.-P. Rudant, Suivi par télédétection des affectations des terres pour la promotion d'une agriculture intégrée au développement forestier en Côte d'Ivoire. Conférence OSFACO: Des images satellites pour la gestion durable des territoires en Afrique, 13-15 mars 2019, Cotonou, Bénin, 17 p. [Online] Available: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02189403>, 2019.
- [10] T. Dires, F. Temesgen, «Assessing land use and land cover change detection using remote sensing in the Lake Tana Basin, Northwest Ethiopia». *Cogent Environmental Science*, 6 (1), 2020.
- [11] G.W. Barrett, « Landscape ecology: Designing sustainable agricultural landscapes». *J. Sustain. Agric.* 2 (3): 83-1, 1992.
- [12] B. R. Noon and V. H. Dale, « Broad-scale ecological science and its application. In: Gutzwiller KJ (ed) Applying landscape ecology in biological conservation». *Springer*, Berlin Heidelberg New York, 34–52 pp, 2002.
- [13] J. Bogaert and A. Mahamane, «Écologie du paysage: cibler la configuration et l'échelle spatiale». *Annales des Sciences Agronomiques du Bénin*1 (7): 39-68, 2005.
- [14] J. R. Krummel, R. H. Gardner, G. Sugihara, R. V. O'Neill and P. R. Coleman, «Landscape pattern in a disturbed environment». *Oikos* 48: 321-324, 1987.
- [15] I. Bamba, A. Mama, D. F. R. Neuba, K. J. Koffi, D. Traoré, M. Visser, B. Sinsin, J. Lejoly and T. J. Bogaer, « 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, 2008.
- [16] Y. S. S. Barima, Dynamique, fragmentation et diversité végétale des paysages forestiers en milieux de transition forêt-savane dans le Département de Tanda (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université libre de Bruxelles, Belgique, 178 p., 2009.
- [17] K. A. N. Koua, I. Bamba, Y. S. S. Barima, A. T. M. Kouakou, K. A. Kouakou and Y. C. Sangne, « Echelle spatiale et dynamique de la forêt classée du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire) en période de conflits,» *Revue Environnement et Biodiversité-PASRES*, 2 (1), 54-68, 2017.
- [18] I. Bamba, Y. S. S. Barima, Y. C. Sangne, J. Andrieu, and J. P. Assi-Kaudjhis, «Partition du territoire et dynamique des végétations pendant la période de conflit en Côte d'Ivoire,» *Tropicultura*, 36 (2), 141-154, 2018.
- [19] A. Aubréville, «À la recherche de la forêt en Côte d'Ivoire,» *Bois et Forêts des Tropiques*, 57: 12-29, 1958.
- [20] Y. Monnier, Carte de la végétation de la Côte d'Ivoire. In: Vennetier P. & Laclavère G. (eds): Atlas de Côte d'Ivoire. 2^e édition., *Jeune Afrique*, Paris, 72 p, 1983.
- [21] J-L. Devineau, Structure et dynamiques de quelques forêts tropicales de l'Ouest Africain (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat d'État, Université Paris VI (France), 294 p, 1984.
- [22] M. Eldin, «Le climat in le milieu naturel de Côte d'Ivoire», *Mémoire. ORSTOM* (Paris), 50: 73-108, 1971.
- [23] J-L. Guillaumet and E. Adjanohoun, «La végétation de la Côte d'Ivoire. In: AvenardJ-M., Eldin M., Girard G., Sircoulon J., Touchebeuf de LussignyP., Guillaumet J-L., Adjanohoun E., Perraud A. Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Paris,» *ORSTOM*, (50): 161-263, 1971.
- [24] R. Caloz and C. Collet, Précis de télédétection: Traitements numériques d'images de télédétection. Presses de l'Université de Québec et AUF, Sainte-Foy, (3): 386p, 2001.
- [25] C. Chatelain, Possibilités d'application de l'imagerie satellitaire à haute résolution pour l'étude des transformations de la végétation en Côte d'Ivoire forestière. Thèse de Doctorat, Université de Genève, Suisse, 158 p., 1996.
- [26] M. C. Girard and C. M. Girard, Traitement des données de télédétection. Dunod, Paris, France, 529 p, 1999.
- [27] H. Dibi N'da, Y. C. Y. Adou, K. E. N'Guessan, M. Koné and Y. C. Sangne, «Analyse de la Diversité floristique du Parc National de la Marahoué, Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire», *Afrique Science*, 4 (3): 552–579, 2008.
- [28] J. F. Mas, «Une revue des méthodes et des techniques de télédétection du changement», *Canadian Journal of Remote Sensing*, 26 (4): 349-348, 2000.

- [29] R. G. Congalton, «A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data,» *Remote sensing of environment*, 37 (1): 35-46, 1991.
- [30] K. McGarigal, S. Cushman, M. Neel and E. Ene, FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst, 2002.
- [31] J. R. Krummel, R. H. Gardner, G. Sugihara, R. V. O'Neill and P. R. Coleman, «Landscape pattern in a disturbed environment», *Oikos* 48: 321-324, 1987.
- [32] K. McGarigal and B. J. Marks, Fragstats: spatial pattern analysis program for quantifying structure. Department of Agriculture, Pacific Northwest Research Station General Technical Report PNW-GTR-351. Oregon, USA, 132 p., 1995.
- [33] A. Mama, B. Sinsin, C. De Cannière and J. Bogaert, «Anthropisation et dynamique des paysages en zone soudanienne au nord du Bénin» *Tropicultura*, 31 (1): 78-88, 2013.
- [34] H. Li and J. F. Reynolds, «A new contagion index to quantify spatial patterns of landscapes» *Landscape ecology*, 8 (3): 155-162, 1993.
- [35] R. V. O'Neill, J. R. Krummel, R. H. Gardner, G. Sugihara, B. Jackson, D. L., Milne B. T. De Angelis, M. G. Turner, B. Zygmunt, S. W. Christensen, V. H. Dale and R. L. Graham, «Indices of landscape pattern», *Landscape Ecology*, 3: 153-162, 1988.
- [36] J. Bogaert and S. K. Hong, «Landscape ecology: monitoring landscape dynamics using spatial pattern metrics. In Ecological issues in a changing world», *Springer*, Dordrecht.109-131, 2004.
- [37] A. T. M. Kouakou, Dynamiques spatio-temporelles du couvert végétal et diversité floristique de quelques parcs nationaux et forêts classées de Côte d'Ivoire dans un contexte de crises politico-militaires. Thèse de doctorat de l'Université Jean Lorougnon Guede, UFR Environnement, Daloa, Côte d'Ivoire, 244 p., 2019.
- [38] S. E. B. Bouiadjra, W. E. Zerey and K. Benabdeli, «Étude diachronique des changements du couvert végétal dans un écosystème montagneux par télédétection spatiale: cas des monts du tessala (algérie occidentale) ». *Physio-Géo - Géographie Physique et Environnement*, V: 211-225, 2011.
- [39] S. Dembele, M. Soumare, C. H. Diakite and D. Gaillard, «Dynamiques des paysages régionaux en zone cotonnière du Mali». *Tropicultura*, 36 (2): 232-242., 2018.
- [40] J. Bogaert and A. Mahamane, Écologie du paysage: cibler la configuration et l'échelle spatiale *Annales des Sciences Agronomiques du Bénin* 1 (7): 39-68, 2005.
- [41] C. S. Kaleba, U. Y. Sikuzani, M. F. Kankumbi and J. Bogaert, «Activités anthropiques et dynamique spatiotemporelle de la forêt claire dans la Plaine de Lubumbashi. Anthropisation des paysages katangais. Gembloux, Belgique»: *Presses Universitaires de Liège – Agronomie-Gembloux*, (13): 253-266, 2018.
- [42] A. S. Sadda, A. Diouf, S. Lawali, M. Ouedraogo, J. Bogaert, and A. Mahamane, «Pression anthropique et dynamique paysagère en zone rurale semi-aride: cas de la commune de Tibiri, région de Maradi (Niger)», *Tropicultura*, 34 (2): 127-139, 2016.
- [43] D. H. Akpoyè, R. C. Landeou and V. O. Orékan, «Anthropisation et dynamique des paysages en pays Agonlin Au Bénin», *European Scientific Journal*, 14 (36): 571-594. 2018.
- [44] A. T. M. Kouakou, A. A. Y. Assale and Y. S. S. Barima, «Impact des pressions anthropiques sur la flore de la forêt classée du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire),» *Tropicultura*, 36 (2): 155-170, 2018.
- [45] C. Skarpe, «Dynamics of savanna ecosystems,» *Journal of vegetation Science*, 3 (3): 293-300, 1992.
- [46] S. Soulama, A. Kadeba, B. M. I. Nacoulma, S. Traoré, Y. Bachmann and A.Thiombiano, «Impact des activités anthropiques sur la dynamique de la végétation de la réserve partielle de faune de Pama et de ses périphéries (sud-est du Burkina Faso) dans un contexte de variabilité climatique,» *Journal of Applied Biosciences*, 87: 8047– 8064, 2015.