

Analyse de l'occupation du sol et de l'impact des activités anthropiques sur le milieu naturel à Nassian (Côte d'Ivoire)

[Analysis of land use and the impact of anthropic activities on the natural environment in Nassian (Côte d'Ivoire)]

Kobenan Kadjo Raphaël¹ and N'Guessan Kouassi Fulgence²

¹Doctorant, Institut de Géographie Tropicale, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

²Maître-Assistant, Institut de Géographie Tropicale, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2021 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: Since the 1960s, Côte d'Ivoire has experienced a decline in forest areas in favor of humanized areas due to the establishment of cash and food crops. The Nassian sub-prefecture is not on the sidelines of this degradation. The objective of this research is to analyze the land use and the impact of anthropogenic activities on the natural environment in the Nassian sub-prefecture from 1998 and 2018. The methodology was based on a cartographic, analytical approach. based on the use of remote sensing and geographic information systems (GIS). Carrying out this study required the use of satellite and cartographic data and field surveys. The results indicate a transformation of natural spaces by human activities. Thus, the sub-prefecture initially made up of forests and savannahs deteriorated in favor of humanized areas (crops / fallow, habitats / bare soil) from 1998 to 2018. The analysis indicates that from 1998 to 2018, the transformation of the environment is changing at a rapid pace. There is a regression of natural spaces in favor of humanized spaces. Natural areas have gone from 64% to 37%. Humanized spaces have progressed at the expense of natural spaces. They went from 36% to 63% from 1998 to 2018. We are witnessing human pressure on the environment and degradation of the plant cover.

KEYWORDS: Nassian (Côte d'Ivoire), natural environment, human activities, impact, evolution.

RESUME: Depuis les années 1960, la Côte d'Ivoire connaît un recul des surfaces forestières au profit des espaces humanisés à cause de l'implantation des cultures de rente et vivrières. La sous-préfecture de Nassian n'est pas en marge de cette dégradation. L'objectif de cette recherche est d'analyser l'occupation du sol et l'impact des activités anthropiques sur le milieu naturel dans la sous-préfecture de Nassian de 1998 et 2018. La méthodologie s'est appuyée sur une approche cartographique, analytique basée sur l'utilisation de la télédétection et des systèmes d'information géographique (SIG). La réalisation de cette étude a nécessité le recours à des données satellitaires, cartographiques et des enquêtes de terrain. Les résultats indiquent une transformation des espaces naturels par les activités anthropiques. Ainsi, la sous-préfecture initialement constituée de forêts et de savanes s'est dégradée au profit des espaces humanisés (cultures/jachère, habitats/sols nus) de 1998 à 2018. L'analyse indique que de 1998 et 2018, la transformation du milieu évolue à un rythme rapide. Il y a une régression des espaces naturels au profit des espaces humanisés. Les espaces naturels sont passés de 64% à 37%. Les espaces humanisés ont progressé au dépend des espaces naturels. Ils sont passés de 36% à 63% de 1998 à 2018. On assiste à une pression humaine sur le milieu et une dégradation du couvert végétal.

MOTS-CLEFS: Nassian (Côte d'Ivoire), milieu naturel, activités anthropiques, impact, évolution.

1 INTRODUCTION

La modification du paysage constitue un phénomène majeur dans les pays tropicaux comme dans les autres pays du monde. Pour la production de biens et services nécessaires à sa vie, l'homme a toujours modifié la structure et le fonctionnement des paysages. De ce fait la question de l'utilisation du sol est devenue une préoccupation majeure en Côte d'Ivoire. Depuis plusieurs années, les

motivations sont nombreuses et les tentatives d'une étude intégrée du milieu naturel de forêt comme de savane se multiplient dans les régions tropicales [1], afin d'apporter de nouvelles informations sur l'occupation de l'espace.

Selon [2], l'étude des transformations subies par le milieu naturel permet de comprendre la dynamique spatio-temporelle des relations entre savane et agriculture, entre le paysan et l'herbe.

Assi, les travaux de [3] révèlent-ils que l'étude de la dynamique de l'occupation du sol s'avère de plus en plus indispensable, à la fois pour la connaissance d'un territoire et pour son aménagement. Elle aide à avoir une meilleure compréhension des différentes tendances dans les processus de transformation spatiale.

Ce présent travail s'inscrit dans le cadre d'une meilleure connaissance de l'espace de Nassian par l'analyse de l'occupation du sol et de la pression humaine sur le paysage. L'attention est portée sur le paysage naturel et son exploitation par l'homme compte tenu des transformations spatiales qui subviennent dans son évolution dans le temps.

En effet, les activités anthropiques dans les régions provoquent des modifications du milieu naturel. A Nassian, ces activités participent à la transformation du couvert végétal. Dès lors, quel est l'état de l'occupation du sol au sein de cette circonscription administrative? Il s'agit de cartographier l'occupation du sol de la sous-préfecture de Nassian et d'analyser de façon temporelle et statistique, la répartition et l'intensité de l'occupation du sol de 1998 à 2018 et l'impact des activités anthropiques sur le milieu naturel de la sous-préfecture de Nassian.

2 PRESENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La Sous-préfecture de Nassian est située, dans la région du Bounkani (Nord-est de la Côte d'Ivoire), entre les latitudes 8° et 9° nord et de longitudes 3° et 4° ouest (Figure 1). Elle se compose de limites conventionnelles et de limites naturelles (dont le fleuve Comoé).

Au Nord, elle est limitée par le département Bouna, à proximité du Parc National de la Comoé. Au Nord-est par le département de Bondoukou, sur une distance de 95 kilomètres. Au Sud, par le département de Sandégué. A l'Ouest, par le fleuve Comoé et les Sous-préfectures de Sominassé et de Kakpin.

La végétation est constituée de savane arborée à *Panicum phragmitoides*, de forêts galeries et de forêts denses sèches [4]. Le climat est du type tropical subhumide aux caractéristiques assez semblables à celles du climat soudano-guinéen, défini par une pluviométrie moyenne annuelle de 1130 à 1160 mm, répartie sur une saison des pluies (avril-octobre) [4]. Il faut compter six mois de saison sèche (novembre à avril avec les mois de décembre, janvier et février rigoureusement secs). Le déficit hydrique cumulé est de 650 mm. Les températures moyennes annuelles varient de 26° à 27°C avec une amplitude thermique de 2 à 4°C. Son réseau hydrographique est en majorité constitué de marigots et de quelques affluents du fleuve Comoé. Il appartient à la région des « plateaux du nord », qui s'installe sur un substratum granitique d'altitude moyenne de 300 m [5].

Au niveau pédologique, trois types de sols sont à distinguer à Nassian [4]. Les sols sous reliques boisées des plateaux (sols ferrallitiques moyennement désaturés issus de granite et de schistes). Ensuite, les sols sous savane arborée (Sols ferrugineux tropicaux sur matériau ferrallitique). Enfin, les sols des galeries forestières (Sols hydromorphes de profondeur, sableux et argileux), localisés en bordure des marigots.

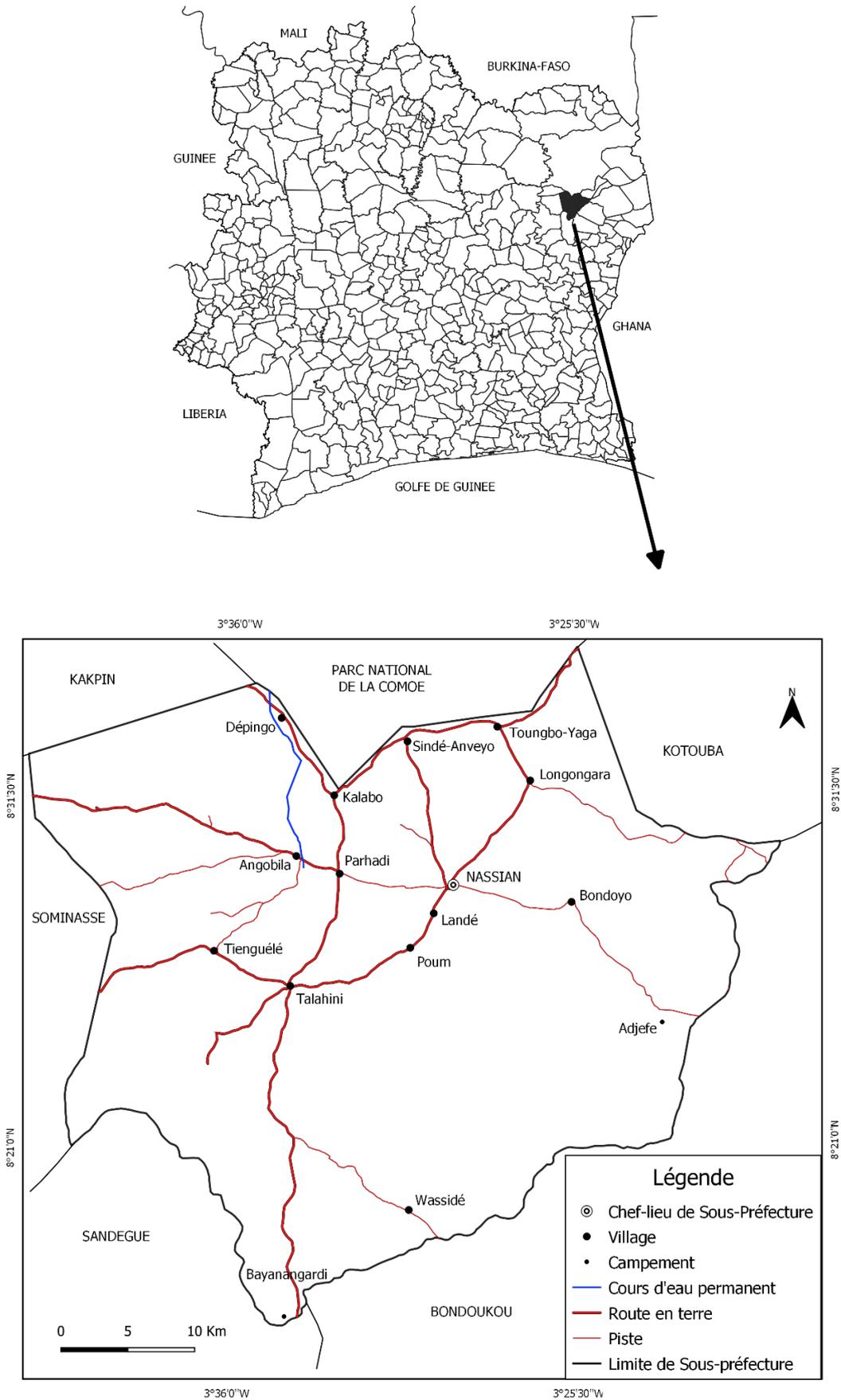


Fig. 1. Présentation de l'espace d'étude

3 MATERIEL ET METHODES

Trois séries de données ont été utilisées pour mettre en œuvre la présente étude. Il s'agit d'images satellitaires, de données cartographiques et de données de terrain. Les données cartographiques sont des représentations cartographiques du contenu de l'espace d'étude (routes, village, toponymie et limites administratives). Ces données proviennent de l'Office Ivoirien des Parcs et Réserves (OIPR) [6].

Les images satellitaires sont des images optiques acquises sur le site de l'USGS. Il s'agit des images Landsat TM de 1998 et Landsat OLI de 2018 de la scène 196-054 et 195-054, de projection UTM 30N/WGS 84 couvrant l'espace d'étude. Elles permettent de bien apprécier les évolutions des unités paysagères. Les données de terrain ont été collectées lors des missions de terrain. L'identification des unités paysagères (surfaces naturelles et surfaces de culture), les voiries et les habitats est réalisée au moyen d'un GPS (Global Positioning System) de type Garmin. Les prises de vues ont été faites par un appareil photo numérique.

Le traitement et l'analyse des images, après leurs acquisitions s'est faite comme suite: le prétraitement a consisté à faire une calibration des images avant l'analyse principale et l'extraction de l'information. Il s'agit des corrections géométriques, atmosphériques (nettoyer les effets atmosphériques) et radiométriques (conversion des luminances en réflectance) dans le but d'améliorer leur qualité. Ensuite, une composition colorée « images fausses couleurs » [7] pour mieux discriminer les types d'occupation du sol suivi du choix des parcelles d'entraînement basé sur les indices collectés par le GPS ont été faites. En outre, nous avons fait une classification supervisée à travers l'algorithme de « maximum de vraisemblance ». Cet algorithme permet une meilleure classification et est très utilisé par de nombreux auteurs pour réaliser les études d'occupation du sol [8]. Enfin, nous avons terminé en éliminant les pixels isolés par applications des filtres 3x3 pour homogénéiser les différentes classes.

A la suite de ces traitements, deux grands thèmes sont identifiés dans l'analyse de l'occupation du sol. Il s'agit des espaces naturels et des espaces humanisés suivie de l'identification des objets au sein de chaque grand thème. Au niveau des espaces naturels, trois niveaux de discrimination (forêts, savanes, plan d'eau) ont été obtenus. S'agissant des espaces occupés par l'homme, deux niveaux ont été ressortis (culture /jachère, habitat / sol nu). Au total, ce sont sept thèmes retenus dans l'analyse et la cartographie de l'occupation du sol. La combinaison de ces sept thèmes a permis de réaliser les cartes d'occupation du sol de 1998 et 2018.

D'autres analyses sont appliquées aux images issues de la classification. Ces analyses portent sur la matrice de confusion pour estimer la qualité de la classification mais, surtout pour vérifier la fiabilité de la méthode utilisée [9]. La matrice de confusion a permis de déterminer la précision globale (pourcentages des pixels correctement classés) et l'indice de Kappa. Le coefficient de Kappa s'étend de 0 à 1 et évalue dans la matrice de confusion l'accord entre résultats obtenus sur la carte et la vérité sur le terrain. L'indice Kappa (équation 1) est exprimé en termes de précision globale observée (équation 2) et de précision prévue (équation 3) [10].

$$\hat{k} = \frac{a-b}{1-b} \quad (1) \quad a = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N_c} x_{ii} \quad (2) \quad b = \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^{N_c} (x_{+i} \cdot x_{i+}) \quad (3)$$

N_c = Nombre de classes

N = Nombre total d'observations

x_{ii} = Nombre d'observations dans la colonne i ligne i (diagonale de la matrice)

x_{+i} = Total des observations dans la colonne i (total à droite dans la matrice)

x_{i+} = Total des observations dans la ligne i (total en bas de la matrice).

Ces opérations ont permis de détecter dans le temps et dans l'espace, les dynamiques spatiales opérées dans la zone d'étude entre 1985 et 2018.

4 RESULTATS

4.1 CARTOGRAPHIE DE L'OCCUPATION DU SOL DANS LA SOUS-PRÉFECTURE DE NASSIAN DE 1998 À 2018

4.1.1 ETAT DE L'OCCUPATION DU SOL EN 1998

En 1998, la superficie occupée par les formations végétales naturelles à Nassian est dominée par les surfaces forestières qui couvrent environ 21% de l'espace total (figure 1). Elle est plus importante que la savane qui avec 42 % de couverture, ne se rencontre que dans certains secteurs de la localité. Les espaces humanisés (cultures/jachère, habitats et sols nus) occupent 36 % de l'espace (tableau 1).

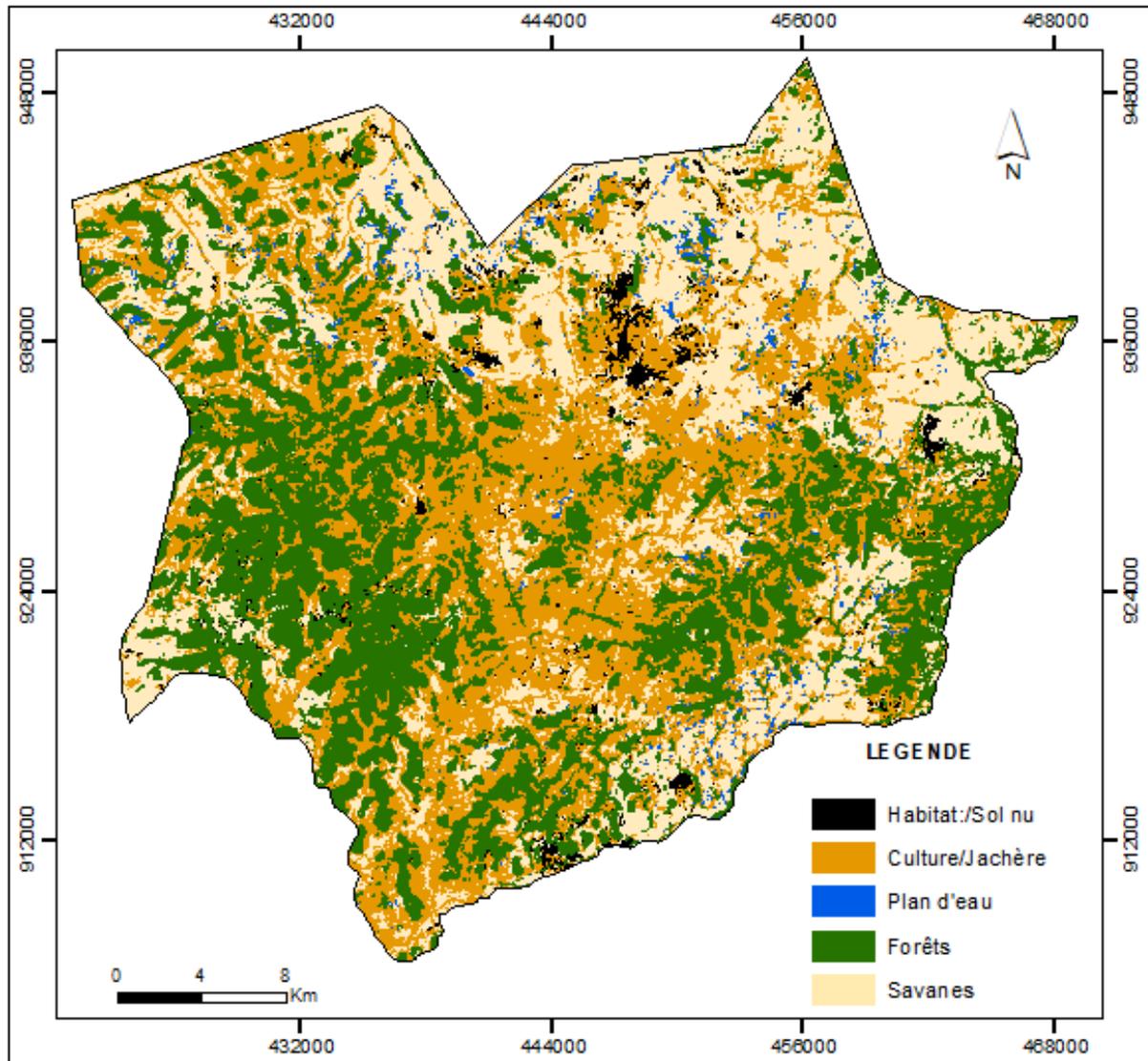


Fig. 2. Etat de l'occupation du sol en 1998 (USGS: image Landsat TM, 1998/ scène 196-054 et 195-054)

4.1.2 ETAT DE L'OCCUPATION DU SOL EN 2018

La situation a totalement changé en 2018 (Figure 3). En effet, on constate une régression des formations végétales naturelles au profit des surfaces humanisées. Les espaces humanisés occupent 63% de l'espace total dont 57% pour les cultures/jachères et 6% pour les habitats/sols nus. Cette situation s'explique par la reconquête de l'espace avec le développement des activités anthropiques qui ont doublé durant cette période. Les formations végétales naturelles se caractérisent par une forte régression des superficies, soit 37% de l'espace total avec 21% pour les forêts et 16% pour les savanes. Cette situation traduit la pauvreté des sols laissés en jachère d'une part et d'autre part de la destruction des formations végétales naturelles par une population qui s'accroît au fil des ans.

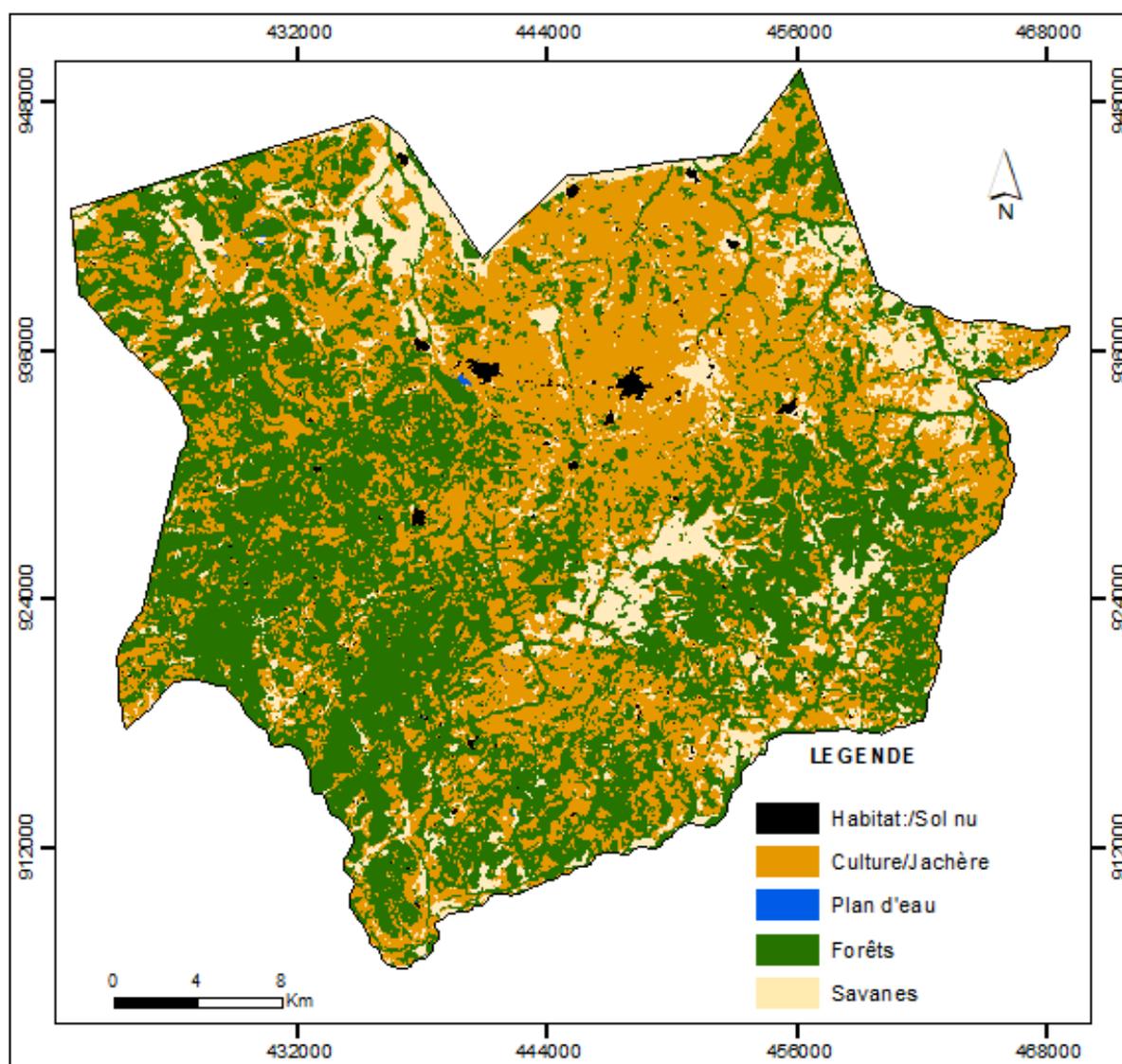


Fig. 3. Etat de l'occupation du sol en 2018

Source: USGS: image Landsat OLI, 1998/ scène 196-054 et 195-054

4.2 ANALYSE DE L'OCCUPATION DU SOL DE 1998 À 2018: UN REcul DES FORMATIONS VÉGÉTALES NATURELLES

Le tableau 1 présente les résultats issus de la classification supervisée. Il permet d'avoir une approche statistique de l'occupation du sol et met en évidence l'évolution de l'occupation du sol.

Tableau 1. Répartition des types d'occupation du sol en 1998 et 2018

Types d'occupation du sol	Superficie 1998		Superficie 2018	
	(Ha)	%	(Ha)	%
Forêts	58127	21	57542	21
Habitat/Sol nu	9706	3	18098	6
Culture/Jachère	92953	33	158368	57
Savanes	117048	42	45893	16
Plan d'eau	2737	1	670	-
Total	280571	100	280571	100

Source: nos enquêtes

L'analyse des cartes d'occupation du sol montre qu'en 1998 (Figure 3), la superficie occupée par les espaces naturels à Nassian sont estimée à 64% est dominée par les savanes (42 % de l'espace). Elles sont plus importantes que les surfaces forestières qui avec 21 % de couverture, ne se rencontre que dans certains secteurs de la localité et le plan estimé à 1%. Les espaces humanisés couvrent 36% de l'espace et sont constitués des cultures/jachère (33%) et des habitats/sols nus (3%). Les pratiques paysannes conduisent à la destruction non seulement du couvert végétal mais également à la destruction de la fertilité initiale des sols déjà fragiles, donc à la perte de leur potentiel productif. Les agriculteurs de Nassian, dans l'exercice des travaux agricoles exploitent les produits ligneux sous différentes formes. En effet, il y a moins de trente ans, l'exploitation du couvert végétal pour l'agriculture était encore négligeable. Mais avec l'accroissement de la population et surtout l'arrivée de l'anacarde comme un espoir pour les populations, ils se sont engagés dans l'exploitation abusive des ressources forestières dans le but de développer cette culture pour faire face à la pauvreté dont souffraient les populations.

4.3 L'IMPACT DES ACTIVITÉS ANTHROPIQUES DANS LA SOUS-PRÉFECTURE DE NASSIAN

4.3.1 PRESSION DÉMOGRAPHIQUE SUR LE MILIEU NATUREL

La pression humaine est très forte sur le milieu naturel à Nassian. En effet, pour répondre à l'accroissement démographique et pallier la pauvreté de la localité, les surfaces cultivées s'étendent. L'anthropisation du milieu naturel s'explique d'abord par la pression démographique que connaît la région de Nassian. Longtemps restée faiblement peuplée jusqu'en 1998, la région connaît une croissance rapide en raison des difficultés agro-climatiques au Burkina-Faso. Ainsi, une immigration, à dominante Lobi, s'est amplifiée vers le milieu des années 1980 dont une partie est restée dans cette région. Conséquence, de 1998 à 2014, la population est passée de 8 600 habitants à 44 528 habitants (selon l'Institut National de la Statistique). Cet accroissement de la population a entraîné une forte anthropisation de l'espace. Cette humanisation est matérialisée par des surfaces agricoles et des habitations (villages et campements).

Tableau 2. Superficies défrichées pour la culture d'anacarde à Nassian de 2013 à 2015

Années	Superficies défrichées pour la culture d'anacarde		
	Nombre de paysans	Formations végétales défrichées	Superficie (en ha)
2013	3202	Végétation exploitée (forêts savanes)	16113
2014	3952		21529
2015	4702		26945
Total 11856			64 587

Source: Nos enquêtes, DDA Nassian

L'examen du tableau 2, montre que sur la période de 2013 à 2015, les paysans ont défriché 64 587 hectares de formations végétales naturelles, pour la seule culture d'anacarde. Une projection sur l'ensemble des actifs agricoles de la sous-préfecture et suivant le rythme de croissance, donne une idée sur la vitesse d'exploitation des espaces naturels dans la localité. Il se crée alors une situation de dégradation des ressources naturelles.

4.3.2 IMPACT DES ACTIVITÉS AGRICOLES SUR LE MILIEU NATUREL

L'agriculture constitue la principale source de revenu des populations et occupe plus de 90% de la population active. De ce fait, l'agriculture est la première source de dégradation du paysage car les surfaces cultivées s'étendent et les formations végétales naturelles diminuent. A ce stade de l'analyse des faits spatiaux, on peut constater que le risque d'atteinte aux espaces naturels et à sa diversité écologique, voire à son intégrité est important. La visite de terrain a permis de constater ces faits à travers la destruction de la forêt (Photo1) pour les activités agricoles (Photo 2). Il y a une diminution des formations végétales naturelles au profit des activités agricoles, donc une saturation de l'espace. Car le défrichement pour la mise en culture des terres sollicite toute la couverture végétale (herbacée et ligneuse) et bien souvent la croissance des cultures est trop faible pour assurer la protection du sol contre l'érosion pluviale. Aussi, la pratique du labour nécessite en effet, la destruction presque totale des ligneux préexistants. Le tableau 2 résume les superficies emblavées de la culture d'anacarde sur trois ans de quelques agriculteurs encadrés dans la sous-préfecture de Nassian. L'analyse diachronique de l'occupation du sol, permet de faire une analyse multi-dates couplée aux données cartographiques, pour mettre en évidence l'évolution du couvert végétal entre 1998 et 2018 dans la sous-préfecture de Nassian. On observe une forte régression du couvert végétal au profit des activités agricoles.



Photo 1: Défrichage d'une parcelle pour un deuxième champ d'igname

Source: Cliché KOBENAN, Septembre 2018



Photo 2: Champ de palmier à huile

Source: Cliché KOBENAN, Septembre 2018

5 DISCUSSION

La cartographie réalisée à partir des données de plusieurs sources et de multi-dates a permis d'enrichir la connaissance sur les l'état de l'occupation du sol et de l'impact des activités anthropiques de la sous-préfecture de Nassian de 1998 à 2016.

Aussi, cette approche a déjà fait l'objet de plusieurs applications et dont les résultats ont permis la cartographie de l'évolution de divers types de paysages. En effet, [11] affirment qu'au Togo les forêts claires et sèches dégradées ont subi une dégradation importante. De 231 947 ha en 1986, elles sont passées à 73 959 ha en 2012. Il en est de même pour les mosaïques forêts-savanes. Cette étude a montré qu'il y a une régression des forêts claires et sèches dégradées et des mosaïques forêts-savanes (formations naturelles) au profit des formations anthropiques. Aussi, indiquent-ils que les classes agglomérations et sols nus, de même que champs et jachères passent respectivement de 1,8 % et 34,8 % en 1958 à 14,9 et 38,1 % en 2015.

Ref [13] soutient que la matrice des changements générée par le croisement des cartes d'occupation du sol de 1990 et de 2002, montre une évolution des différentes unités d'occupation du sol, dans le Bassin Versant Centre (BVC) du Ferlo. [12] soulignent que les formations forestières qui occupaient 13,2 % en 1958, sont passées à 0,3 % en 2015, soit une diminution de 97,4 %. Aussi, les savanes sont-elles passées de 113 690,9 ha à 85 380,9 ha, durant la période 1958-2015. Ce qui équivaut à une baisse de 24,9 %. Enfin, les travaux menés par [14] s'emploient à quantifier les différentes mutations spatiales (phénomènes de déforestation, de reforestation, de stabilité et autres dynamiques) opérées à l'échelle des forêts classées de Béki et de Bossématié dans l'Est ivoirien et les taux de déforestation annuels et globaux induits. Ainsi, pour la forêt classée de Béki, cette étude révèle des taux de déforestation globaux de 62,53% et de 3,33% annuel. Il souligne aussi qu'à Bossématié, les taux de déforestation sont respectivement d'environ 16% et 0,6%, des taux très faibles comparés à ceux de Béki et même du reste de la Côte d'Ivoire. Nos résultats sont aussi, conformes à ceux obtenus par [9], dans une étude sur les facteurs anthropiques et dynamique d'occupation des terres dans la même région. Leur étude a révélé que l'accroissement de la population et l'intensification des activités agricoles ont une forte pression sur l'espace naturel.

6 CONCLUSION

La présente étude s'est attelée à analyser l'état de l'occupation du sol au sein de la sous-préfecture de Nassian et l'impact des activités anthropiques sur le milieu naturel de 1998 à 2018. L'étude a permis d'abord de cartographier l'occupation du sol à Nassian, ensuite d'analyser de façon temporelle et statistique la répartition et l'intensité de l'occupation du sol de 1998 à 2018. L'état de l'occupation du sol est constitué par les espaces naturels et les espaces humanisés. Cette étude révèle que de 1998 et 2018, la transformation du milieu évolue à un rythme rapide. Les espaces naturels sont passés de 64% à 37%. Les espaces humanisés (culture/jachère et habitat/sol nu) ont évolué et se sont accrus au dépend des espaces naturels (forêts, savanes et plan d'eau). Ils sont passés de 36% à 63% de 1998 à 2018. Les activités anthropiques au sein de la sous-préfecture de Nassian ont un impact sur le milieu naturel. Elles provoquent des modifications du milieu naturel. A Nassian, ces activités participent à la transformation du couvert végétal. Il y a une pression humaine sur le milieu. La méthodologie utilisée, démontre le potentiel des images satellites comme source de données utile pour cartographier et gérer les territoires et la télédétection comme outil efficace à mettre à la disposition des gestionnaires des terroirs. Cette situation pourrait causer des problèmes environnementaux graves. C'est pourquoi il est important d'étudier l'évolution du milieu naturel pour un suivi efficace des changements environnementaux opérés au sein de cette circonscription administrative.

REFERENCES

- [1] N'GUESSAN Kouassi Fulgence, 2012: Spatialité agraire et logique de la nature: Analyse des interactions dans les savanes du centre-nord ivoirien. Exemple du finage de Tomono Samorosso, Thèse unique, IGT, Université FHB-Abidjan, 238p.
- [2] KOLI Bi Zuéli, 2009: Paysages et occupation du sol dans les savanes Subsoudanaises du centre Nord-Ouest ivoirien. Inventaires, analyses et cartographies intégrées dans les régions de Katiola, Mankono et Touba, Thèses de doctorat d'Etat, 2 Volumes, Université de Cocody, Abidjan, 630p. + Annexes cartographiques.
- [3] KOFFI Djagnikpo Kpedenou, TCHAA Boukpepsi, THIOU Tanzidani K. Tchamie, 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 ». In Revue des Sciences de l'Environnement, Laboratoire de Recherches Biogéographiques et d'Etudes Environnementales (Université de Lomé), pp.137-156. fhal-01409418f.
- [4] LEROUX H., (1969): Les sols de la région granitique de NASSIAN (Coté d'Ivoire): Etude particulière de leur matière organique, Thèse de doctorat, Université d'Abidjan, 156p.
- [5] AVENARD J. M., 1971: Aspect de la géomorphologie, in Le milieu naturel de Côte d'Ivoire, ORTROM, Paris, pp. 13-35.
- [6] Office Ivoirien des Parcs et Réserves (OIPR), 2015: Plan d'aménagement et de gestion du parc national de la Comoé, 110p.
- [7] O'Neill et al., 1996: Scale problems in reporting landscape pattern at the regional scale, in Landscape Ecology, vol 11. n° 3, pp. 169-180.
- [8] BONN F. et Rochon G., 1992: Précis de télédétection. Principes et méthodes, presse universitaire du Québec, AUPELF, 484p.
- [9] KONAN K. E, Kangah A. et Atta J. M., 2016: Facteurs anthropiques et dynamique d'occupation des terres dans le parc national de la Comoé, en Côte d'Ivoire, in Revue de Géographie de l'Université Ouaga I Pr Joseph KI-ZERBO N° 05, Vol. 2, pp 152-166.
- [10] CHALIFOUX S, Nastev M, Lamontagne c, Latifovic R, Fernandes R., 2006: Cartographie de l'occupation et de l'utilisation du sol par imagerie satellitaire Landsat en hydrogéologie, In Télédétection, 2006, Vol. 6, n° 1, p. 9-17.
- [11] ZAKARIYAO Koumoï, ABDOURAZAKOU Alassane, MINKILABE Djangbedja, Tcha Boukpepsi, Ama-Edi Kouya, 2013: « Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans le centre-Togo ». In AHOHO - Revue de Géographie du LARDYMES, Université de Lomé, 7 (10), pp.163-172.
- [12] KOFFI Djagnikpo Kpedenou, OUSMANE Drabo, POUNYALA OUOBA Awa, DAPOLA Constant E. Da, THIOU Tanzidani K. Tchamie, 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 ». In CAHIERS DU CERLES, Presses de l'Université de Ouagadougou, XXXI (55), pp.203-228.

- [13] MAMADOU Adama Sarr, 2008: « Cartographie des changements de l'occupation du sol entre 1990 et 2002 dans le nord du Sénégal (Ferlo) à partir des images Landsat », In Cybergeog: European Journal of Geography [En ligne], Environnement, Nature, Paysage, document 472, mis en ligne le 07 octobre 2009, consulté le 23 avril 2019. URL: <http://journals.openedition.org/cybergeog/22707>; DOI: 10.4000/cybergeog.22707.
- [14] ATTA Kouacou Jean-Marie, 2009: Contribution de la Télédétection et des SIG pour une approche modélisatrice de la déforestation en vue d'une gestion durable des forêts tropicales: cas des Forêts classées de Béki et de Bossématié dans l'Est de la Côte d'Ivoire. Thèse Unique, Université de Nantes, Nantes, 362 p.