

Apport des images satellites de haute résolution pour le suivi de la dynamique de l'occupation du sol dans le Parc National de la Comoé et sa périphérie (Nord-Est de la Côte d'Ivoire)

Contribution of high resolution satellite images for the monitoring of land use dynamics in the Comoé National Park and its periphery (North-East of Côte d'Ivoire)

Koné KH • Konan KE

Received: 19 September 2022 / Accepted: 27 November 2022 / Published online: 15 June 2023
© PASRES Abidjan Côte d'Ivoire 2023

Résumé La dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans le Parc national de la Comoé et sa périphérie a été analysée à partir des images Landsat (4 ; 7 et 8) et de données de terrain. Avec pour objectif d'analyser la dynamique de l'occupation du sol entre 1988 et 2018, la présente étude a recouru à une classification supervisée par maximum de vraisemblance et d'un système d'information géographique. Cette méthode de classification a nécessité des enquêtes de terrain dans le parc et sa périphérie. L'analyse des états successifs de l'occupation du sol relève une domination des espaces naturels à chaque date d'étude. Les formations de savanes notamment les savanes arbustives dominent l'espace (68,5 % en 1988, 52,2 % en 2003 et 54,8 % en 2018). Les cultures et jachères représentent la classe anthropique la plus représentative avec respectivement sur les trois années d'étude 1,9 %, 3,1 % et 9,5 %. L'étude diachronique de l'occupation du sol révèle que trois types d'occupation ont enregistré des accroissements de leurs superficies. Il s'agit des savanes arborées, des cultures et jachères et du bâtis et sol nu. Parmi eux, ce sont les cultures et jachères qui se sont les plus accrues avec 8 % de leur superficie initiale. Tous les autres types d'occupation ont vu leurs étendues regresser sur la trentaine d'années d'étude. Les savanes arborées ont perdu 14 % de leur étendue entre 1988 et 2018.

Mots clés : Télédétection, Occupation du sol, Dynamique, Parc national de la Comoé, Côte d'Ivoire

Abstract The spatial-temporal dynamics of land use in Comoé National Park and its periphery were analyzed from Landsat images (4 ; 7 and 8) and field data. The objective of this study was to analyze land use dynamic from 1988 to 2008 using maximum likelihood supervised classification and a geographic information system. This method of classification required field surveys in the park and its periphery. The analysis of the successive state of land use indicate a domination of natural spaces at each study date. Savannah formations, particularly shrub savannas, dominate the area (68.5% in 1988, 52.2% in 2003 and 54.8% in 2018). Crops and fallow land represent the most representative anthropic class, with 1.9%, 3.1% and 9.5% respectively over the three years of study. The diachronic study of land use indicated that tree types of land use have experienced increases in their area. These were tree savannas, crops and fallow land, and open houses and bare ground. Of these, 8% of the original area was used for the most intensive cultivation and fallow. All other occupation had areas regressed over thirty years of study. The savannas lost 14% of their area between 1988 and 2018.

Key words : Remote sensing, Land use, Dynamic, Comoé National Park, Côte d'Ivoire

Introduction

La fragmentation et la perte d'habitats naturels qui résultent de l'évolution du paysage sont actuellement des menaces majeures sur la diversité biologique (Bamba *et al.*, 2010 in Noho *et al.*, 2018). L'érosion de la biodiversité constitue de nos jours une menace pour l'humanité (Sinsin et Kampmann, 2010 in Avakoudjo *et al.*, 2014). Les tendances évolutives des formations naturelles montrent une diminution des superficies forestières au profit de celles des savanes et des espaces anthropiques (...). Ainsi, on assiste à la transformation de vastes étendues continues de paysages naturels en paysages humanisés (Avakoudjo *et al.*, 2014).

La préservation et la restauration de la nature sont devenues une priorité aussi bien des gouvernants que des scientifiques en raison des déséquilibres écologiques qui caractérisent actuellement les écosystèmes terrestres suite à leur surexploitation. La pression anthropique (agriculture, élevage, feux de brousse, etc.) fait craindre une accélération des processus de dégradation irréversible des milieux naturels, d'où l'intérêt d'un suivi constant dans le cadre d'une gestion rationnelle des ressources disponibles (Yéo *et al.*, 2019). En Côte d'Ivoire, cet élan de préservation et de restauration a abouti à la création d'un important réseau d'aires protégées couvrant environ 6,5 % du territoire ivoirien (Koffi, 2016 in Koné *et al.*, 2021). Mais la conservation de ceux-ci est parfois compromise. En effet, ces aires protégées ont été intégrées dans des zones déjà anthropisées ou qui s'anthropisent au fil du temps (Koné, 2022). Cette situation pose le

problème de la pression humaine autour des parcs naturels et de leur survie. Aussi, les populations riveraines bénéficient de très peu de programmes d'aide particuliers à la faveur de la création de ces aires protégées. Elles n'ont d'autres choix que de se rabattre sur l'exploitation des ressources de ces aires que Sournia (1990) qualifie de « garde-manger », pour subvenir à leurs besoins vitaux.

Le Parc national de la Comoé localisé dans le nord-est de la Côte d'Ivoire fait partie de ce réseau. Patrimoine mondial de l'UNESCO depuis 1983, il a basculé sur la liste du patrimoine mondiale en péril en 2003. Ainsi, pour redorer le blason de ce parc, cet organisme a préconisé une gestion plus rigoureuse de ce patrimoine. C'est à ce titre que l'État avec l'appui de nombreux partenaires internationaux a fait des efforts et des améliorations notables. Ces efforts et améliorations ont été concluants avec le retrait du parc de la liste du patrimoine mondial en péril en juillet 2018 en raison des efforts de conservation des habitats et de la régénération de la faune.

Le présent travail, se propose de quantifier et d'analyser l'évolution de l'occupation du sol dans le Parc national de la Comoé et de sa périphérie à partir d'un système d'information géographique (SIG) et de la télédétection. Il s'agit spécifiquement de cartographier l'occupation de sol à partir des images de Landsat et d'évaluer l'évolution dans le temps et dans l'espace des unités paysagères. Il veut aussi vérifier l'hypothèse selon laquelle, les formations naturelles régressent au profit des formations anthropisées.

Matériel et Méthodes

Description de la zone d'étude

La zone concernée par la présente étude est constituée du Parc national de la Comoé et de sa périphérie directe (Figure 1). Le Parc national de la Comoé est situé au nord-est de la Côte d'Ivoire dans la Région du Bounkani dont il occupe plus de la moitié de la superficie. Avec une superficie de 1 149 450 ha, il est une des zones protégées les plus vastes d'Afrique de l'Ouest. Il s'étend sur 18 sous-préfectures. Le parc est inscrit au patrimoine mondial de l'UNESCO et désigné en tant que réserve de biosphère depuis 1983. Il porte le nom du fleuve Comoé qui le traverse du nord au sud sur plus de 200 km (Koné *et al.*, 2021).

Sa périphérie est définie par un *buffer* de 15 km autour des limites du parc (Koné, 2022). Un *buffer* ou *seuil spatial* consiste à déterminer une zone à distance fixe autour d'entités spatiales (zones de protection, zones d'influence...). Cet espace est circulaire autour des points isolés, et forme un corridor autour d'une ligne, et une zone tampon autour d'un polygone. L'utilisation des *seuils spatiaux* peut être envisagée comme une analyse de proximité (Roy *et al.*, 2005). Elle s'étend sur 4 régions, 7 départements et 19 sous-préfectures. Elle s'étend aussi sur la région de l'Indénie Djouablin où les limites du parc n'arrivent pas et y couvre une Sous-préfecture et 4 villages.

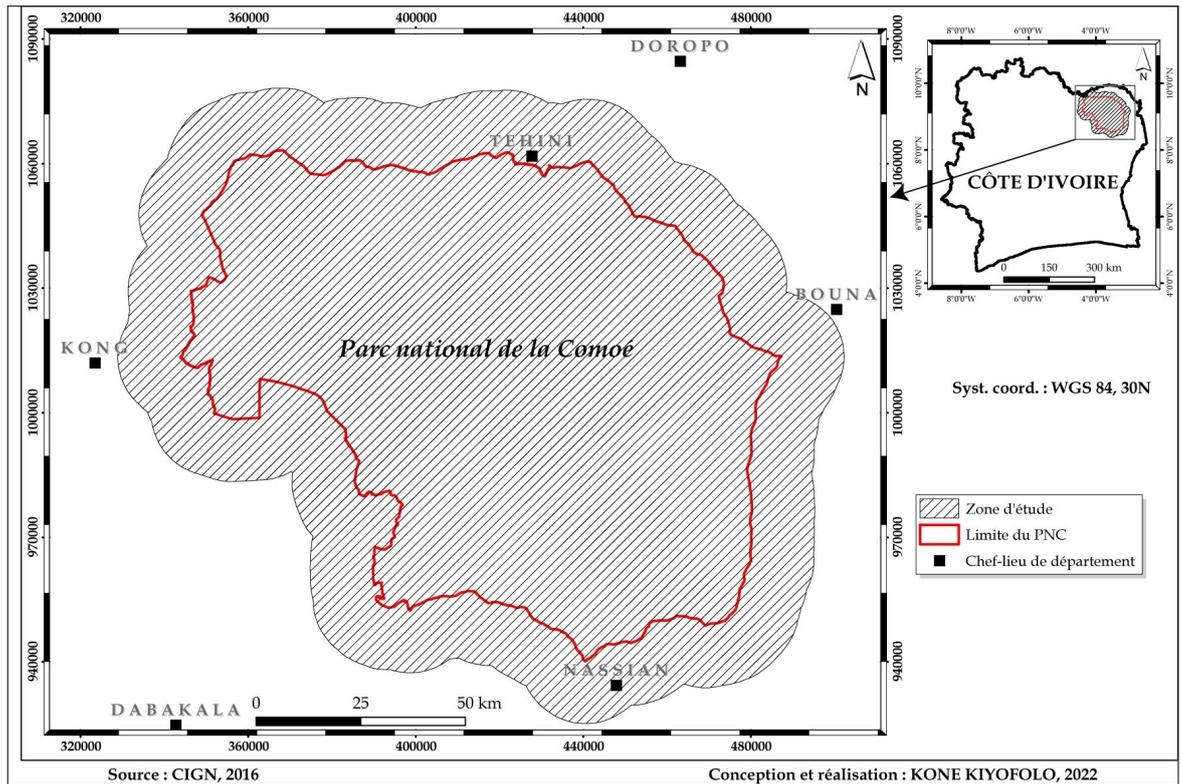


Figure 1. Zone d'étude

Données

Les données utilisées pour la présente étude sont de deux types. Il s'agit des données satellitaires et de terrain.

Les données satellites sont des images de haute résolution et de type *Landsat*. La zone d'étude est couverte par trois scènes. Au total, neuf images ont été utilisées, à savoir une de chaque scène, et ce pour chaque année d'étude (Tableau 1). Elles ont été téléchargées sur le site internet développé par la NASA et ont un taux de nébulosité compris entre 0 et 1 %, car elles ont toutes été captées en saison sèche. À cette période la couverture nuageuse est moindre, et engendre moins d'interférence dans la capture des signatures spectrales (Noho *et al.*, 2018;

Koné *et al.*, 2021).

Les données de terrain sont les différents types d'occupation du sol géo-localisés à l'aide d'un GPS au cours des visites de terrain. Les zones visitées, puis décrites, permettent l'identification des objets (Oswald *et al.*, 2007 in Noho *et al.*, 2018). Ces points ont été des stations d'observation des différentes parcelles d'entraînement. Ces relevés sont effectués sous forme de stations ponctuelles, visant essentiellement à renseigner les successions des composantes des paysages (Noho *et al.*, 2018). Ces données ont été complétées par des photographies des différents types d'occupation identifiées sur les sites visités capturées grâce à un appareil photographique numérique.

Tableau 1. Caractéristiques des images satellites

	1988	2003	2018
Type d'image	Landsat 4	Landsat 7	Landsat 8
Capteur	TM	ETM	OLI
Résolution spatiale		30 mètres	
Nombre de bandes spectrales	7	8	9
Période de prise de vue	17/12/1988	27/12/2003	19/12/2018
Taux de nébulosité	1 %	0 %	0 %
Nombre de scènes		3	
Path/Row ou scènes		195/54, 196/53 et 196/54	

Source : www.earthexplorer.usgs.gov

Méthodes

Les méthodes utilisées dans la présente étude, se résument aux techniques de traitements des images satellites. Elles allient en gros succinctement les prétraitements, le choix des classes, la première visite de terrain, la classification et l'établissement des cartes d'occupation du sol (Figure 2).

Les prétraitements d'images se résument en un ensemble d'opérations, qui ont pour objectif d'augmenter la lisibilité des données. Ils facilitent leur interprétation pour une meilleure extraction de l'information. Ils ont consisté à faire des corrections (radiométrique, atmosphérique et géométrique). Ils constituent les prémisses pour les compositions colorées (Barbalata, 1996 in Yéo *et al.*, 2019). Dans cette étude, la visualisation en couleurs naturelles a été choisie. Elle s'obtient en choisissant pour l'affichage les bandes spectrales du visible (bleu, vert et rouge). Après cette étape, une mosaïque a été réalisée sur les différentes scènes de chaque année.

Le choix des classes a porté sur huit classes. Il s'agit de : forêt galerie, îlot forestier, savane arborée, savane arbustive, savane herbeuse, plan d'eau, culture et jachère et de bâtis et sols nus. La première visite a permis d'attribuer à chaque couleur des compositions colorées sa réalité terrain.

Une classification supervisée par maximum de vraisemblance a ensuite été réalisée. Le choix s'est porté sur cet algorithme pour son utilisation très répandue du fait qu'il est très satisfaisant mathématiquement car les pixels sont classés selon une méthode probabiliste (Konan *et al.*, 2016 ; Soro *et al.*, 2013 in Yéo *et al.*, 2019 ; Biga *et al.*, 2020). À sa suite sont générés et calculés les indicateurs de sa validation.

Après la validation de la classification, la qualité des images classifiées est améliorée. En effet,

suite à la procédure de classification, il subsiste généralement un faible taux de pixels isolés, généralement mal classés, souvent situés à la limite entre deux plages d'affectations distinctes. Ceux-ci donnent un aspect « poivre-sel ». Pour ce faire, des opérateurs morphologiques sont utilisés pour améliorer les images classifiées. Ainsi, est appliquée sur l'image des opérations de dilatation suivies d'une érosion. Ces opérateurs procèdent, d'abord, par élimination des pixels isolés, ensuite, à une homogénéisation des classes en supprimant toutes les hétérogénéités locales (Konan, 2008).

Les images classifiées sont converties en fichier vecteur puis prises en charge dans un environnement SIG. Il s'en suit des requêtes et symbologies sur la base de données rattachées qui permettent d'établir les cartes d'occupation du sol et de sortir les superficies des différents types d'occupation du sol.

Pour mesurer les différentes évolutions, trois types de calculs statistiques sont effectués sur les superficies. Il s'agit de la variation absolue, du taux d'évolution global et du taux d'évolution moyen annuel. Ils se calculent grâce aux formules suivantes :

$$V_a = S_1 - S_0$$

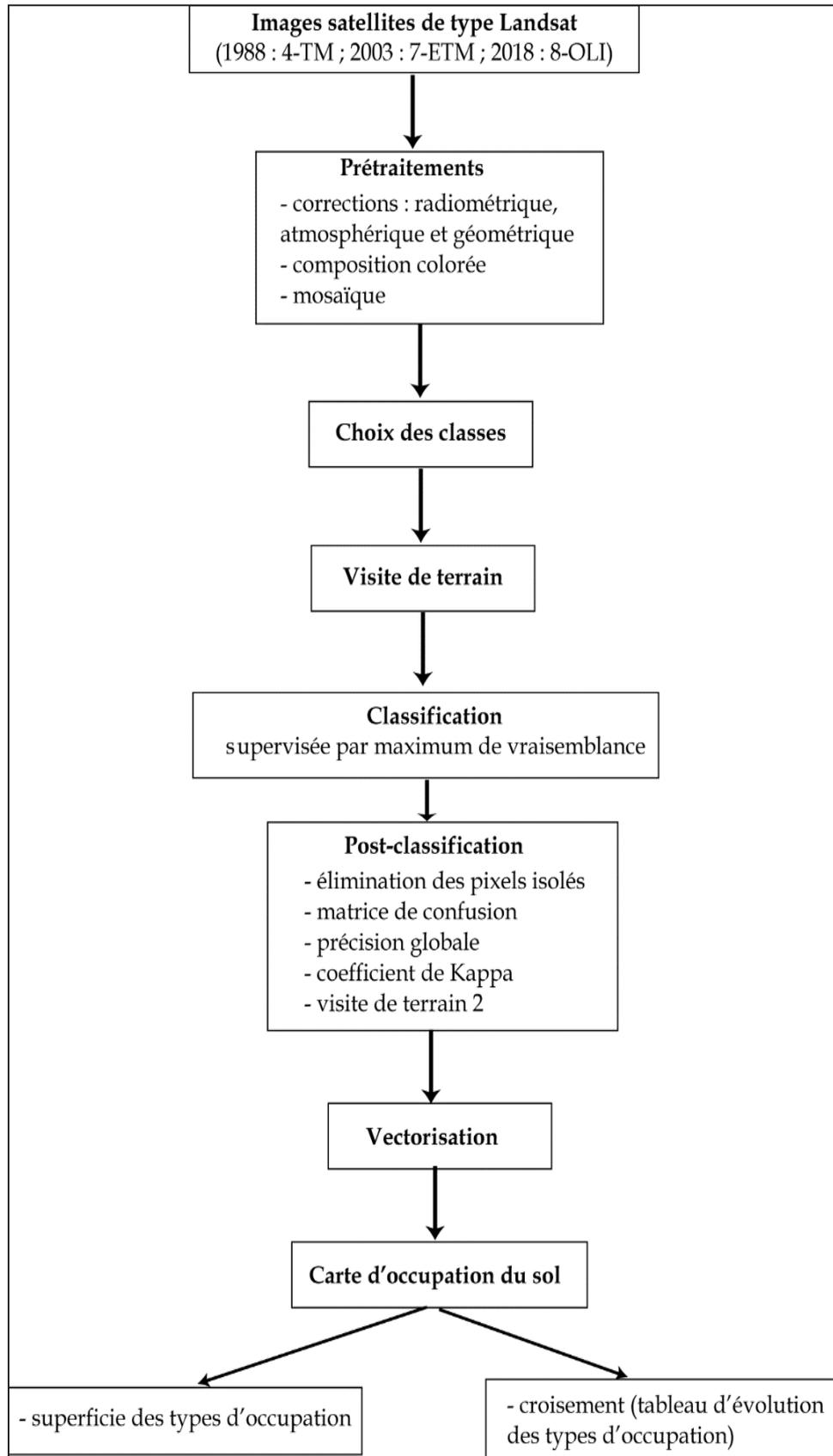
$$T_g = (S_1 - S_0) \times 100 / S_0$$

$$T_{em} = ((\ln S_1 - \ln S_0) / t \times \ln e) \times 100$$

V_a : variation absolue ; *T_g* : taux global d'évolution ; *T_{em}* : taux d'évolution moyen annuel ; *S₀* : superficie de départ ; *S₁* : superficie d'arrivée ; *t* : nombre d'années entre les deux ; *ln* : logarithme népérien ; *e* : la base des logarithmes népériens (*e* = 2,71828 : coefficient invariable).

- si *T_g* est positif, il traduit une avancée de l'affectation du sol ;

- si *T_g* est négatif, il traduit un recul de l'affectation du sol.



Source : adapté de Yéo (2017) in Yéo et al. (2019)

Figure 2. Résumé de la méthodologie de l'étude

Résultats

Caractérisation des types d'occupation du sol

Les types d'occupations du sol retenus pour la classification ont été discriminés au cours d'une mission de validation terrain. Ils sont présentés par les images de la figure 3 (A à I) :

Figure 3 A : elle constitue un cordon végétal de type forestier qui borde les cours d'eau réguliers ;

Figure 3 B : c'est une forêt dense sèche, une formation dont les arbres des strates supérieures sont caducifoliés ; les lianes y sont peu denses ;

Figure 3 C : c'est une formation boisée formée de trois strates bien distinctes : une herbacée ; une arbustive (4 à 8 m) ; une ligneuse (8 à 20 m) ;

Figure 3 D : c'est une formation dont la hauteur des ligneux est comprise entre 4 et 8 mètres avec quelques espèces isolées qui atteignent les 10 mètres ;

Figure 3 E : c'est un milieu ouvert constitué principalement d'herbacées dont l'uniformité est interrompue par des ligneux tortueux, rabougris portant les marques du passage régulier des feux de brousse ;

Figure 3 F : c'est un bowal qui est une zone cuirassée sur lesquelles se développent une végétation de savane tabulaire dépourvue de ligneux ; elle est constituée d'une nappe peu dense de graminées ;

Figure 3 G : le thème plan d'eau regroupe les retenues d'eau et est constitué du fleuve, des grandes rivières, des lacs et mares ;

Figure 3 H : le bâti est lié à des zones habitées, les sols nus sont des surfaces dénudées et sans couvert végétal ;

Figure 3 I : les cultures ou jachères concernent toutes les exploitations agricoles.

Validation des résultats des classifications

La validation des différentes classifications a pris en compte le calcul de la précision global, du coefficient de Kappa et une mission d'observation de terrain (Sidi *et al.*, 2018 in Koné *et al.*, 2021).

Le coefficient de Kappa est calculé à partir de la précision globale qui elle est déterminée de la matrice de confusion.

$$K = \frac{P0 - Pe}{1 - Pe}$$

K : coefficient de Kappa ; *P0* : précision globale et *Pe* : facteur de correction

Des matrices de confusion sont extraites de chaque image classifiée. Les matrices de transition sont élaborées pour décrire ces changements d'utilisation des terres pendant une période donnée (Schlaepfer, 2002 in Avakoudjo *et al.*, 2014). Comme l'indique le tableau 2, les classifications des images se sont effectuées avec des précisions globales respectives pour les années 1988, 2003 et 2018 de 90,77 %, 94,34 % et 96,21 %. Les valeurs des indices de Kappa calculées de ces précisions sont respectivement pour les mêmes années de 0,84 ; 0,89 et de 0,92. Landis et Koch (1997) in Biga *et al.* (2020) interprètent les valeurs du coefficient Kappa de 0,60 à 0,80 comme bonne et de 0,81 à 1 comme étant excellente. Les valeurs obtenues (supérieures à 0,80) permettent de conclure que les résultats des classifications possèdent des précisions statistiques très satisfaisantes (Oswald *et al.*, 2007).

La validation des classifications ne s'est pas appuyée que sur les chiffres. D'autres visites de terrain ont été effectuées. Des pixels représentant chaque classe d'occupation du sol ont été choisis arbitrairement sur la carte d'occupation du sol de 2018. Ils diffèrent de ceux qui ont servi de terrain d'entraînement (visite 1). Il s'agissait de confronter la réalité cartographique à celle du terrain. Grâce à la méthode du *go to*, la vérification a conclu une correspondance de 93 % d'exactitude et 4 % des points n'ont pas pu être visités.

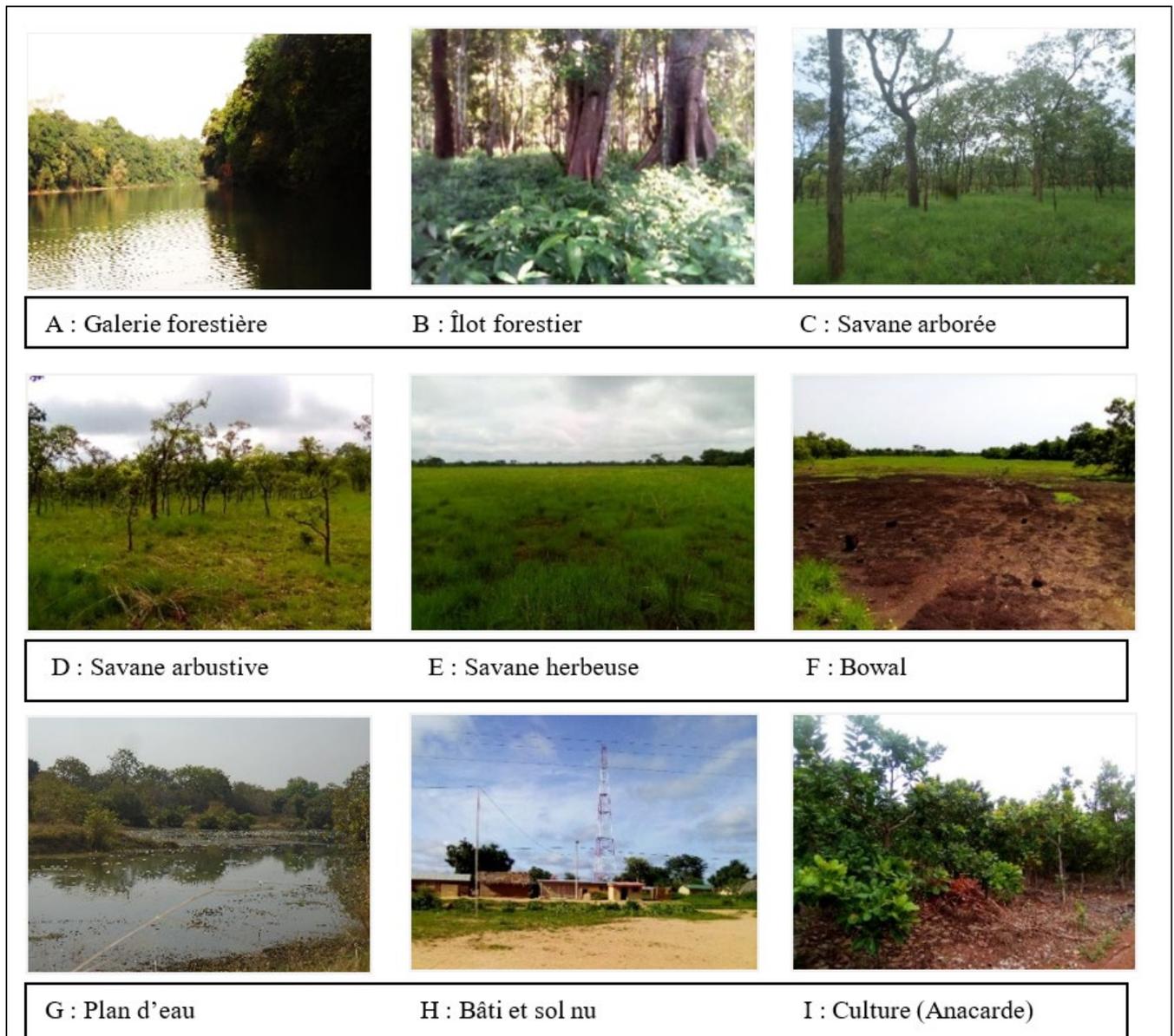


Figure 3. Planche photographique des types d'occupation du sol dans le Parc national de la Comoé et sa périphérie

Clichés : KONE Kiyofolo

Tableau 2. Indice de validation

Indice	1988	2003	2018
Précision globale	90,77 %	94,34 %	96,21 %
Coefficient de Kappa	0,84	0,89	0,92

Source : Traitement d'images satellites, 2021

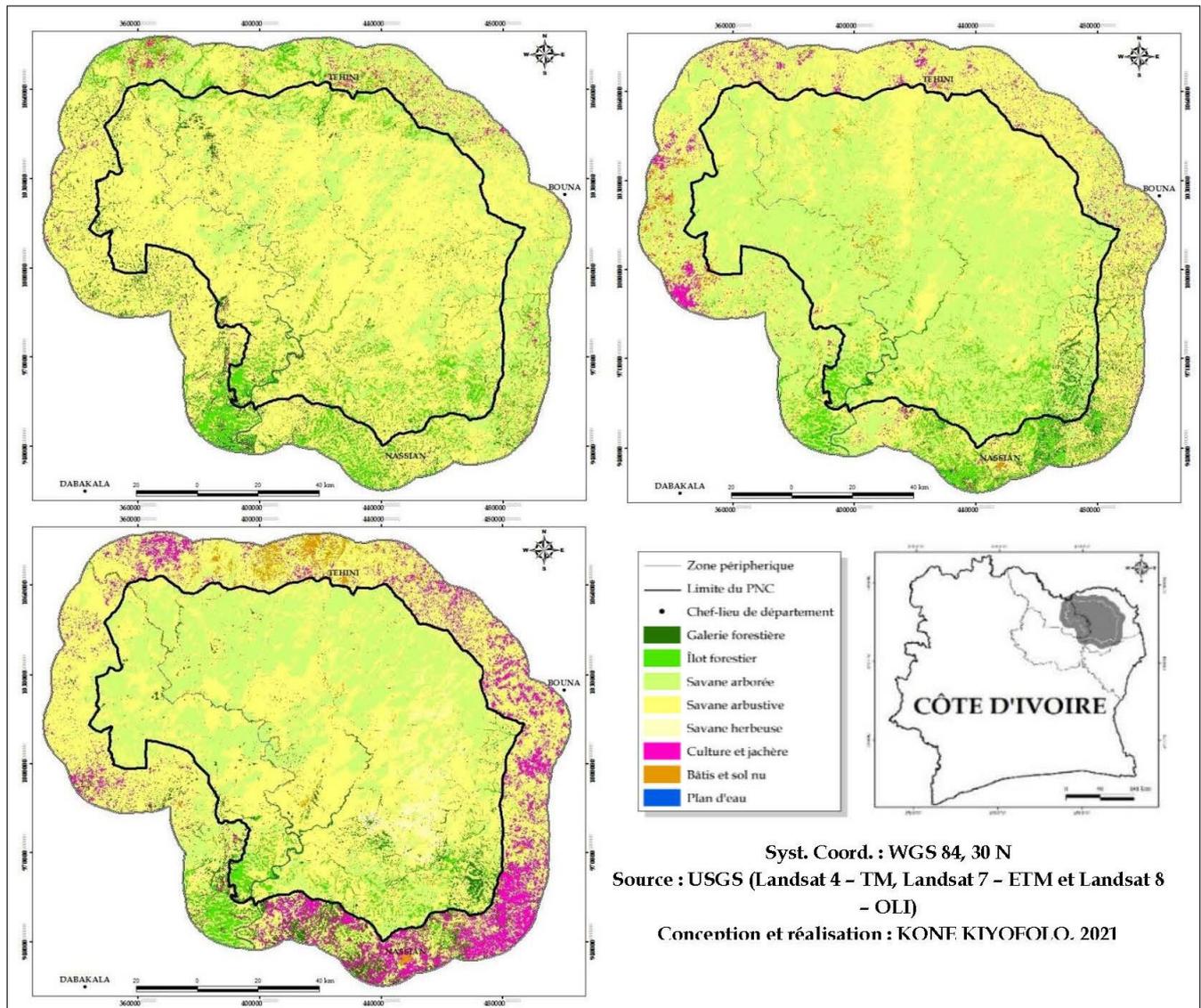


Figure 4. Carte d’occupation du sol dans le Parc national de la Comoé et sa périphérie

Occupation du sol dans le Parc national de la Comoé et sa périphérie entre 1988 et 2018

- En 1988

L’analyse de la répartition des types d’occupation du sol dans le Parc national de la Comoé et sa périphérie en 1988, révèle une forte domination des savanes (Tableau 3). Le type arbustif s’étend sur 68,5 % de la zone étudiée et est plus dense dans les basses altitudes. Avec 16,1 % du parc et sa périphérie, les savanes arborées se rencontrent en grande partie en situation de colline. Elles sont plus concentrées dans le nord du parc et forment des bandes allongées orientées nord-est – sud-ouest dans les secteurs de hautes altitudes. Les savanes herbeuses quant à elles sont le type savanicole le moins représenté. Elles se rencontrent en majorité sur les interfluvies et aux lisières des forêts galeries et couvrent 2,7 %.

Avec leur plus grand bloc dans l’extrême sud-ouest du parc (Figure 4), les îlots de forêts sont disséminés sous forme résiduelle au milieu des savanes. Elles représentent 5,9 % des types d’occupation du sol en 1988. En dehors de ceux-ci, les reliques les plus importantes sont regroupées au sud dans les secteurs de Nassian et Dabakala. Bordant le fleuve Comoé et les rivières, les galeries forestières couvrent deux fois moins d’espace que les îlots de forêt. Elles sont plus perceptibles le long des cours d’eau ruisselants en permanence. Discontinues sur certaines rivières pour assèchement saisonnier, elles s’étendent sur 2,9 % du parc et sa périphérie. Elles se concentrent le long de la Comoé, les rivières Bawé, Boin et Iringou respectivement d’ouest en est et sur les ramifications du Kolondio et la Binéda au plein ouest.

Les surfaces d'eau captées sur images satellites de 1988 sont constituées principalement par les deux plus grands cours d'eau du parc (la Comoé et l'Iringou) et quelques mares. Au total, les surfaces d'eau représentent moins de 0,4 % de la superficie totale de l'espace étudié. Elles ont la plus faible proportion de la zone d'étude en 1988

En 1988, ce sont 37 755 ha de la périphérie du Parc qui sont occupés par les cultures et les jachères soit 1,9 % de toute la zone. À cette date déjà, aucune occupation humaine permanente

n'existe à l'intérieur du parc, mais il existe 119 ha de culture ou jachère à l'intérieur du parc. Elles représentent les séquelles des jachères laissées par les anciennes installations humaines. Elles se situent dans le sud-ouest du parc dans la zone d'Amaradougou et Gorowi où la limite du parc n'est pas bien définie et n'a jamais fait objet d'une matérialisation ou d'un marquage (OIPR, 2016). Le bâti et les sols nus y couvrent 1,5 %. Difficilement identifiables en 1988 sur la carte, cette catégorie était caractérisée par de petits centres urbains et ruraux jonchés de plantations périurbaines.

Tableau 3. Répartition des types d'occupation du sol dans le Parc national de la Comoé et sa périphérie entre 1988 et 2018

Classes	1988		2003		2018	
	Superficies					
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Galerie forestière	56532	2,9	66168	3,4	54473	2,8
Îlot forestier	115350	5,9	92721	4,8	70061	3,6
Savane arborée	314200	16,1	642222	33	433830	22,3
Savane arbustive	1332862	68,5	1015404	52,2	1067181	54,8
Savane herbeuse	52545	2,7	26078	1,3	29398	1,5
Culture et jachère	37755	1,9	60330	3,1	184378	9,5
Bâti et sol nu	28608	1,5	41063	2,1	105257	5,4
Eau	8276	0,4	2141	0,1	1552	0,1
Total	1946128	100	1946128	100	1946128	100

Source : Traitement des images satellite Landsat 4 – TM, Landsat 7 – ETM et Landsat 8 – OLI, 2021

- En 2003

L'analyse du tableau 3 montre que les formations savaniques couvrent plus des trois quarts de l'espace d'étude. À elles seules, les savanes arbustives occupent plus de la moitié de cet espace (52,2 %). Plus denses dans les secteurs de Téhini et Bouna, elles sont majoritaires dans tous les secteurs (Figure 4). Les savanes arborées s'étendent sur le tiers de tout l'espace d'étude. Sur 33 % de cet espace, ce type savanicole se concentre plus à l'ouest du fleuve et dans la partie centrale. Les savanes herbeuses, loin des deux autres types de savanes, couvrent seulement 1,3 %.

Les zones forestières se rencontrent principalement dans le secteur de Nassian dans le sud. Avec moins du 1/10 de la superficie du parc et de sa périphérie, elles se partagent avec 3,4 et 4,8 % des superficies respectivement pour les galeries forestières et les

îlots de forêts. Elles sont repérables le long des cours d'eau majeurs d'une part, et, de manière dispersée dans le sud.

En 2003 ce ne sont que 2 141 ha qui sont couverts par les plans d'eau soit, 0,1 % du parc et sa périphérie. Ils sont constitués principalement de la Comoé et de l'Iringou.

Les espaces couverts par les cultures et jachères sont estimés à 3,1 % de l'espace étudié. Avec les plus grands espaces dans le département Kong, ceux-ci diminuent progressivement de Kong à Dabakala dans le sens des aiguilles d'une montre.

Avec des tâches plus ou moins perceptibles, le bâti et les sols nus se développent dans et autour des principales localités (sous-préfectures et villages-centres). À l'intérieur du parc, les sols nus sont des espaces à fort potentiel érosif sur les sols fortement désaturés. Ils s'étendent sur 41 063 ha, soit 2,1 %.

- En 2018

L'occupation du sol en 2018 révèle que les savanes arbustives dominent largement l'occupation du sol en 2018 dans le Parc national de la Comoé (Tableau 3). Elles s'étendent sur plus de la moitié de la superficie du parc avec 54,8 % du parc et sa périphérie avec une superficie totale de 1 067 181ha. Elles se rencontrent de manière remarquable partout sur l'espace. Deuxièmes en terme de superficie, les savanes arborées sont plus concentrées dans la partie septentrionale. Avec 433 830 ha, elles y occupent 22,3 % du parc. Les savanes herbeuses représentent en 2018 la végétation qui a la plus petite couverture spatiale. Plus visibles dans le sud-est, elles occupent 29 398 ha pour 1,5 % du parc. Elles ont leur plus grand bloc dans le sud-est.

Les formations forestières sont dominées en superficies par les îlots de forêts. Elles couvrent 70 061 ha alors que les galeries en occupent 54 473. Ces superficies représentent respectivement 3,6 et 2,8 % de la zone étudiée.

En 2018, les espaces humanisés sont largement dominés par les cultures et jachères. Elles s'étendent sur 9,5 % de la superficie totale de la zone pour une couverture spatiale 184 378 ha. Le bâti et les sols nus en couvrent 105 257 soit 5,4 % de l'espace.

Avec la plus faible occupation spatiale cette année soit 0,1 %, les plans d'eau ont une superficie de 1 552 ha.

La figure 4 présente la répartition spatiale des états de surfaces dans le Parc et sa périphérie en 2018.

Évolution diachronique de l'occupation du sol dans le Parc national de la Comoé et sa périphérie

Évolution entre 1988 et 2003

Les variations des superficies des différents types d'occupation du sol dans le parc et sa périphérie sont détaillées dans le tableau 4.

Au niveau de la végétation naturelle, les galeries forestières et les savanes arborées sont les types d'occupation à enregistrer un accroissement de leurs superficies. En effet, elles se sont accrues respectivement de 17 % et 104 %. Les galeries de forêt ont connu un gain de 9 636 ha avec un taux d'accroissement moyen annuel de 1 %. Celui des savanes arborées a été de 5 % pour 328 023 ha en plus. Quant aux occupations naturelles qui ont régressé, les savanes herbeuses sont en tête avec une diminution globale de leurs espaces de 50 % qui représentent 26 467 ha en moins. Suivent dans l'ordre décroissant les savanes arbustives et les îlots forestiers avec des régressions respectives de 24 % et 20 % entre 1988 et 2003. Ces régressions se sont effectuées à un rythme annuel de -5 % pour les savanes herbeuses, -2 % et -1 % respectivement pour les savanes arbustives et les îlots forestiers.

Toutes les implantations humaines ont connu des accroissements. Les cultures et jachères qui occupaient 1,9 % de l'espace en 1988 en occupent 3,1 en 2003 soit un accroissement de spatial de 22 575 ha. Ayant connu un accroissement global de 60 %, elles se sont accrues à un rythme annuel de 3 %. Le bâti et les sols nus ont enregistré un taux d'évolution global de 44 %, ce qui a apporté un plus de 12 455 ha à leur superficie.

Avec un taux d'évolution moyen annuel de -9 %, l'eau a perdu 6 135 ha de sa superficie. Cette régression des espaces occupés par l'eau représente une évolution globale de -74 % de 1988 à 2003.

Tableau 4. Évolution globale des types d'occupation du sol dans le Parc national de la Comoé et sa périphérie de 1988 à 2003

Légende : TEMA : Taux d'Évolution Moyen Annuel ; TEG : Taux d'Évolution Globale

Classes	Superficies				Variation absolue	TEMA	TEG
	1988		2003		1988-2003	1988-2003	1988-2003
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(%)
Galerie forestière	56532	2,9	66168	3,4	9636	1	17
Îlot forestier	115350	5,9	92721	4,8	-22629	-1	-20
Savane arborée	314200	16,1	642222	33	328023	5	104
Savane arbustive	1332862	68,5	1015404	52,2	-317458	-2	-24
Savane herbeuse	52545	2,7	26078	1,3	-26467	-5	-50
Culture et jachère	37755	1,9	60330	3,1	22575	3	60
Bâtis et sol nu	28608	1,5	41063	2,1	12455	2	44
Eau	8276	0,4	2141	0,1	-6135	-9	-74
Total	1946128	100	1946128	100			

Source : Résultats des traitements des images satellites, 2021

Évolution entre 2003 et 2018

L'analyse diachronique des états de surface entre 2003 et 2018 (Tableau 5) révèle que les formations de forêt ont toutes connu des régressions. Avec des taux d'évolutions globaux de -18 % pour les galeries forestières et de -24 % pour les îlots forestiers, les pertes sont estimées respectivement à -11 696 et -22 661 ha, soient des pertes annuelles de -1 et -2 %. Au niveau des savanes seul le type arboré régresse. Cette perte est de -208 393 ha de superficie en quinze années. C'est la plus forte régression de la période. Elles ont le plus fort taux régressif de la période avec une régression globale estimée à -32 %.

Les autres formations savanicoles gagnent plutôt du terrain. Les savanes herbeuses, bien qu'ayant gagné le moins d'espace, ont connu un taux d'évolution global de 13 %. Les savanes arbustives

avec le taux d'évolution moyen annuel le plus faible (0,3) ont augmenté de 51 777 ha soit une évolution globale de 5 %.

Entre 2003 et 2018, ce sont 589 ha de plans d'eau qui ont disparu. Comparée aux superficies des autres types d'occupation, cette perte semble être faible, mais cette classe d'occupation a enregistré un taux d'évolution global de -28 %.

Les artéfacts humains ont tous conquis du terrain. Avec un gain de 124 048 ha, les cultures et jachères s'accroissent avec un taux d'évolution moyen annuel de 7 %. Celui du bâti et des sols nus est de 6 % pour un accroissement au cours de cette période de 64 193 ha. Les cultures et jachères et le bâti et les sols nus sont les types d'occupation à connaître les taux d'évolution globaux les plus élevés des formations qui enregistrent des gains. Ils sont respectivement de 206 et 156 %.

Tableau 5. Évolution globale des types d'occupation du sol dans le Parc national de la Comoé et sa périphérie de 2003 à 2018

Légende : TEMA : Taux d'Évolution Moyen Annuel ; TEG : Taux d'Évolution Globale

Classes	Superficies				Variation absolue	TEMA	TEG
	2003		2018		2003-2018	2003-2018	2003-2018
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(%)
Galerie forestière	66168	3,4	54473	2,8	-11696	-1	-18
Îlot forestier	92721	4,8	70061	3,6	-22661	-2	-24
Savane arborée	642222	33	433830	22,3	-208393	-3	-32
Savane arbustive	1015404	52,2	1067181	54,8	51777	0,3	5
Savane herbeuse	26078	1,3	29398	1,5	3320	1	13
Culture et jachère	60330	3,1	184378	9,5	124048	7	206
Bâtis et sol nu	41063	2,1	105257	5,4	64193	6	156
Eau	2141	0,1	1552	0,1	-589	-2	-28
Total	1946128	100	1946128	100			

Source : Résultats des traitements des images satellites, 2021

Évolution globale de 1988 à 2018

L'évolution des états de surface dans le parc et sa périphérie entre 1988 et 2018 montre que seuls trois types d'occupation ont enregistré des accroissements de leurs superficies (Tableau 6). Il s'agit des classes savanes arborées, cultures / jachères et du bâtis / sol nu. Tous les autres types d'occupation ont vu leurs étendues régresser sur la trentaine d'années.

Les plans d'eau sont les plus affectés par les régressions. En trente années, ils ont perdu 3/4 de leur superficie. Cette perte s'élève à 6 724 ha. Cette régression s'est effectuée à une perte annuelle de -6 %. Cette réduction des espaces d'eau a plusieurs explications. La raison la plus citée pour expliquer la réduction des plans d'eau est la baisse des pluies. Celle-ci a un impact direct sur la disponibilité en eau de surface. Même si l'analyse de la pluviométrie a relevé une légère augmentation de la pluie depuis 1983, le principal cours d'eau du parc (la Comoé) prend sa source au Burkina Faso où les conditions climatiques sont plus rudes que celles de Côte d'Ivoire. La seconde raison qui semble plus plausible est la réduction voire la disparition de certaines mares. En effet, les mares qui ne bénéficient d'aucun entretien s'enherbent fortement et constituent à la longue des zones qui sont captées comme des végétations

par les satellites. La figure 5 en donne une belle illustration. Elle présente la mare aux buffles dont plus de la moitié de la superficie est envahie par des herbacés de plus d'un mètre.

Les plans d'eau enregistrent le plus fort taux d'évolution globale. Il s'élève à -81 % de 1988 à 2018.

Les formations forestières connaissent toutes des réductions d'étendues. Mais les forêts galeries ont perdu moins du 1/20 de leur superficie ce qui représente 2 060 ha. Elles enregistrent globalement une conservation de leurs étendues avec un taux d'évolution global de -4 %. À contrario, les îlots de forêts totalisent une perte estimée à 45 289 ha. Avec un taux d'évolution moyen annuel de -2 %, leur évolution globale a un taux de -39 %. À l'intérieur du parc, la réduction de leurs superficies est imputable aux assauts répétés des feux de brousse. Ils renferment de grandes ouvertures causées par les feux au cours des saisons sèches. La figure 6 présente un îlot de forêts dont la lisière a été bien délimitée par le feu. À la périphérie du parc, leur réduction est liée à l'extension des espaces agricoles. En effet, les populations dans leur quête de nouvelles terres détruisent le couvert forestier qui semble offrir les conditions favorables au développement de toute culture.



Figure 5. Enherbement de la mare aux buffles

Cliché : KONE Kiyofolo, Nov. 2019



Figure 6. Îlot forestier sous influence des feux de brousse Cliché : KONE Kiyofolo, Janv. 2020

Pendant la période d'étude, les formations savanicoles connaissent des régressions et des accroissements. Ce sont les types herbeux et arbustif qui subissent des pertes. Ils sont réduits respectivement de -44% et -20%. Ces pourcentages représentent respectivement des pertes spatiales de 23 148 et 265 681 ha.

Les savanes arborées gagnent du terrain sur les

autres types d'occupation. Elles enregistrent un gain 28 %. Les gains s'étendent sur une superficie totale de 119 630 ha. Ils s'opèrent principalement qu'à l'intérieur du parc.

Tous les espaces humanisés ont connu une expansion dans le temps. Le plus fort accroissement de superficie est enregistré par les activités agricoles avec un gain de 146 623 ha. En trente ans, la pression agraire s'est accrue autour du parc par la création de nouvelles plantations d'anacarde. En effet, après la flambée des coûts de la noix de cajou dans les années 98 et 99, les agriculteurs se sont investis à étendre leurs exploitations. L'accroissement des jachères n'est qu'une stratégie de sécuriser des lopins terres qui pourraient servir pour les cultures vivrières une fois la saturation des terres arables serait prononcée. Depuis près de vingt ans, le paysage agricole est largement dominé par *Anacardium occidentale* à différents stades de croissance, et ce dans toute la zone périphérique. Sur cette période, les cultures et jachères ont augmenté avec un taux d'évolution globale de 388 %.

Le bâti et les sols nus ont aussi enregistré des gains d'espace sur la période d'étude. L'accroissement des espaces bâtis est synonyme d'accroissement de la population d'une part et d'une disponibilité financière d'autre part. Construire un habitat est le souhait de toute personne. Chacun veut laisser une trace des fruits de ses durs labeurs. Aussi, la demande d'habitat que ce soit en zone urbaine comme en zone rurale est en hausse. Cette hausse s'explique par la prolifération d'activités très génératrice de revenus (l'orpaillage principalement). Cette classe a connu un taux d'évolution global de 268 % de 1988 à 2018.

Tableau 6. Évolution globale des types d'occupation du sol dans le Parc national de la Comoé et sa périphérie de 1988 à 2018

Légende : TEMA : Taux d'Évolution Moyen Annuel ; TEG : Taux d'Évolution Globale

Classe	Superficie				Variation absolue 1988-2018 (ha)	TEMA 1988-2018 (%)	TEG 1988-2018 (%)
	1988		2018				
	(ha)	(%)	(ha)	(%)			
Galerie forestière	56532	2,9	54473	2,8	-2060	-0,1	-4
Îlot forestier	115350	5,9	70061	3,6	-45289	-2	-39
Savane arborée	314200	16,1	433830	22,3	119630	1	28
Savane arbustive	1332862	68,5	1067181	54,8	-265681	-1	-20
Savane herbeuse	52545	2,7	29398	1,5	-23148	-2	-44
Culture et jachère	37755	1,9	184378	9,5	146623	5	388
Bâtis et sol nu	28608	1,5	105257	5,4	76648	4	268
Eau	8276	0,4	1552	0,1	-6724	-6	-81
Total	1946128	100	1946128	100			

Source : Résultats des traitements des images satellites

Discussion

L'utilisation de la télédétection pour le suivi et l'évaluation des changements de l'occupation du sol dans le Parc national de la Comoé et sa périphérie s'est révélée comme un outil remarquable. De nombreux travaux utilisant ces méthodes ont été réalisés à travers le monde. Elles ont été utilisées hors du pays par, Nghiem (2014) en France et Ouoba (2013) au Burkina Faso. En Côte d'Ivoire, ce sont entre autres, Kangah (2006) et Oswald *et al.* (2007) qui ont eu recours à ces techniques.

Dans la présente étude, la cartographie de l'occupation du sol s'est faite avec huit classes réparties entre les espaces naturels et ceux anthropisés. Pour le même espace, Schweter (2016) en a retenu douze tandis que Konan *et al.* (2016) en ont retenu six. Koné *et al.* (2021) dont les travaux ont porté sur le parc uniquement ont retenu quatre classes. Ailleurs, Konan (2008) et N'Guessan (2010) dans leurs études respectives sur les parcs nationaux d'Azagny et de la Marahoué ont retenu neuf et cinq classes d'occupation. L'algorithme de classification appliqué est le maximum de vraisemblance. Il est présenté comme le plus efficace dans la production des cartes (Avakoudjo *et al.*, 2014 ; Konan *et al.*, 2016; Yéo *et al.*, 2019; Biga *et al.*, 2020; Koné *et al.*, 2021). Aux différentes dates d'étude, la cartographie de l'occupation du sol a donné des précisions globales variant entre 90,77 % et 96,21 %. Dans la région d'Ouangolo-fitini, les résultats de Achard (1989) in Koné *et al.* (2007) ont donné une précision de 87 %. Dans le Parc national de la Comoé, ceux de Konan *et al.* (2016) et de Koné *et al.* (2021) ont donné respectivement 93,67 % et 93,48 % comme précision. Aussi, le coefficient de Kappa des classifications des images aux différentes dates d'analyse dans la présente étude varient entre 0,81 et 1. Ces valeurs prouvent des classifications excellentes comme les interprètent Landis et Koch (1997 in Biga *et al.*, 2020). Ainsi, les résultats des classifications possèdent des précisions statistiques très satisfaisantes (Oswald *et al.*, 2007).

L'étude de la répartition des paysages végétaux dans le Parc national de la Comoé et sa périphérie aux différentes dates d'étude (1988, 2003 et 2018) révèle une domination de l'espace par les formations savaniques. Cette domination corrobore celle relevée par Noho (2020) dans le bassin versant du N'Zi entre 1988 et 2017. Dans le Parc national de la Comoé et sa périphérie, ces savanes sont dominées par le type arbustif. Elles s'étendent plus sur les basses altitudes. Elles couvrent 68,5 % de l'espace étudié en 1988. Avec 2,7 % de l'espace, les savanes herbeuses sont le type de savane le moins représentatif. À cette date les

formations forestières sont dominées par les îlots de forêt avec 5,9 % de couverture spatiale. Les cultures et jachères y sont peu visibles et n'occupaient que 1,9 %. Cette faible occupation se justifie par le faible développement de l'activité agricole à cette époque. Ce constat est le même fait par Konan (2008) dans le parc d'Azagny en 1986 et par Noho (2020) dans le bassin versant du N'Zi en 1988.

En 2003, tous les artefacts humains du parc et sa périphérie ont évolué en superficie. Les cultures et jachères ont augmenté de 1 % et s'étendent sur 3,1 % de l'espace. Konan (2009) révèle aussi une extension des espaces agricoles dans le Parc national de la Marahoué entre 1974 et 2003. À contrario, Konan *et al.* (2016) dans leur étude, sur le Parc national de la Comoé montrent quant à eux une régression des espaces agricoles entre 1986 et 2014. Le bilan évolutif de la végétation de manière générale est régressif à cette date. À ce titre, de nombreux auteurs ont montré que la végétation recule avec le développement de l'agriculture (Coulibaly, 1998 ; Brou, 2005).

En 2018, les forêts sont les moins représentatives de la végétation. C'est le même résultat auquel ont abouti les travaux du CCT (2004) in Schweter (2016) et de Schweter (2016) dans le Parc national de la Comoé et sa périphérie. Les savanes restent la végétation la plus étendue. Elles y couvrent plus de 75 %. Dans la même veine, Konan *et al.* (2016) et Schweter (2016) révèlent que les savanes occupent dans le Parc national de la Comoé une superficie de 89 % (respectivement en 2013 et 2014). Tous les espaces humains ont encore évolué en superficie. Ils s'étendent du fait de l'augmentation de la population. Cette raison justifie le recul de la végétation naturelle.

L'analyse de l'évolution des états de surface dans le Parc national de la Comoé et sa périphérie entre 1988 et 2018 a révélé une réduction des espaces naturels au profit des espaces anthropisés. Ces changements sont plus intenses à la périphérie qu'à l'intérieur du parc. Dans le Parc national d'Azagny, Konan (2008) a montré dans son étude que seules les forêts secondaires et les forêts inondées s'accroissent entre 1978 et 2000 alors que les étendues des cultures se réduisent. L'accroissement des espaces anthropiques est du fait principal de l'augmentation de la population. Aussi, dans le pays savanicole, l'activité principale de la population est l'agriculture, car elle est en majorité paysanne (N'Guessan et Dié, 2012). La migration des populations vers de nouvelles terres arables pour établir de nouvelles parcelles de cultures commerciales accentue le recul des espaces naturels (Oswald, 2005).

Conclusion

Au total, l'analyse de l'évolution des états de surface dans le Parc et sa périphérie de 1988 à 2018 révèle une évolution régressive au niveau des formations naturelles alors que les espaces anthropisés sont en nette croissance. Les savanes arborées se sont accrues de 6 % de leur superficie tandis que les savanes arbustives ont diminué de 14 % et les îlots forestiers de 2 %. Sur la période d'étude, les cultures et jachères ont augmenté de 8 % et le bâti et sol nu de 4 %.

L'espace d'étude étant divisé en deux entités à

savoir le Parc national de la Comoé et sa zone périphérique, les types d'occupation n'évoluent pas de la même manière de part et d'autre. À l'intérieur du Parc qui ne possède pas d'installations humaines permanentes (en dehors de la station de recherche allemande et la base de cantonnement des eaux et forêts), l'évolution des états de surface est une mutation de ces derniers tandis qu'à la périphérie on assiste à une destruction du milieu naturel au profit de l'agriculture et de l'habitat.

Références Bibliographiques

- Achard P. 1989.** Quelques propositions en sociologie du langage. *Courants sociolinguistiques*, Séminaire de lexicologie politique, Université de Paris III (1986-1987), Paris, INALF-Klincksieck : 39-51.
- Avakoudjo J, Mama A, Toko I, Kindomihou V, Sinsin B. 2014.** Dynamique de l'occupation du sol dans le Parc National du W et sa périphérie au nord-ouest du Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8 (6) : 2608-2625.
- Bamba I, Barima Y, Bogaert J. 2010.** Influence de la densité de la population sur la structure spatiale d'un paysage forestier dans le bassin du Congo en R. D. Congo. *Mongabay.com Open Access Journal - Tropical Conservation Science*, 3 (1) : 31-44.
- Barbalata J. 1996.** Analyse diachronique de la dynamique des milieux naturels par télédétection satellitaire. *International Archive of Photogrammetry and Remote Sensing*, XXXI (Part B7) : 3-58.
- Biga I, Amani A, Soumana I, Bachir M, Mahamane A. 2020.** Dynamique spatio-temporelle de l'occupation des sols des communes de Torodi, Gothèye et Tagazar de la région de Tillabéry au Niger. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 14 (3) : 949-965.
- Brou Y. 2005.** Climat, mutations socio-économiques et paysages en Côte d'Ivoire. Thèse d'habilitation à diriger des recherches, Université des Sciences et Technologies de Lille, 332 p.
- Coulibaly N. 1998.** Déforestation et activité agricole en Côte d'Ivoire : Recherche d'un nouvel équilibre. Thèse de doctorat, Université Laval Québec, 159p.
- Dibi N, N'guessan K, Wajda M, Kouadio A. 2008.** Apport de la télédétection au suivi de la déforestation dans le Parc National de la Marahoué (Côte d'Ivoire). *Bulletin - Société Française de Photogrammétrie et de Télédétection*, : 17-34.
- Hountondji H. 2008.** Dynamique environnementale en zones sahélienne et soudanienne de l'Afrique de l'Ouest: Analyse des modifications et évaluation de la dégradation du couvert végétal. Thèse de Doctorat, Université de Liège, Belgique, 131 p.
- Joly G. 1982.** Le traitement d'image de télédétection au laboratoire de géographie de l'école normale supérieure. *Bulletin de l'Association de géographes français*, (489 – 490) : 274-276.
- Kangah A. 2006.** Utilisation de la télédétection et d'un système d'information géographique (SIG) pour l'étude des pressions anthropiques sur les paysages géomorphologiques des savanes sub-soudanaises : exemple du degré carré de Katiola (cendre-nord Ivoirien). Thèse de doctorat, Université de Cocody-Abidjan, 199 p.
- Koffi K. 2016.** Contribution des ressources arborées à la sécurité alimentaire des populations rurales dans le sud-ouest du Burkina Faso dans un contexte de variabilité climatique. Thèse de Doctorat, Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (AgroParisTech), Montpellier, 280 p.
- Konan K. 2008.** Conservation de la diversité végétale et activités humaines dans les aires protégées du sud forestier ivoirien : l'exemple du parc national de l'Azagny. Thèse de doctorat, Université de Cocody-Abidjan, 270 p.
- Konan K, Kangah A, Atta J-M. 2016.** Facteurs anthropiques et dynamique d'occupation des terres dans le parc national de la Comoé, en Côte d'Ivoire. *Revue de Géographie de l'Université Ouaga I Pr Joseph KI-ZERBO*, 2 (05) : 152-166.
- Koné K. 2022.** Dynamique spatio-temporelle des paysages végétaux du parc national de la Comoé et de sa périphérie de 1988 à 2018 (nord-est de la Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan-Côte d'Ivoire, 267 p.

- Koné M, Aman A, Adou Y, Coulibaly L, N'guessan K. 2007.** Suivi diachronique par télédétection spatiale de la couverture ligneuse en milieu de savane soudanienne en Côte d'Ivoire. *Revue Télédétection*, 7 (1-2-3-4) : 433-446.
- Koné K, Konan K, Koli B. 2021.** Caractérisation de la végétation du parc national de la Comoé (nord-est de la Côte d'Ivoire). *Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement*, (1) : 18-31.
- Landis J, Koch G. 1997.** The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33 : 159 – 174.
- Mama V, Oloukoi J. 2003.** Évaluation de la précision des traitements analogiques des images satellitaires dans l'étude de la dynamique de l'occupation du sol. *Télédétection*, 3 (5) : 429-441.
- N'Guessan A. 2010.** Évaluation de la politique de protection forestière domaniale de la Côte d'Ivoire à partir d'outils géomatiques: cas du parc national de la Marahoué. Thèse de doctorat, Université du Québec à Montréal, 152 p.
- N'Guessan A, Djé K. 2012.** Changements Climatiques, agriculture et sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne : le cas de la Côte d'Ivoire. *Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement*, (2) : 5-15.
- N'Guessan K, Dibi N, Bellan M, Blasco F. 2006.** Pression anthropique sur une réserve forestière en Côte d'Ivoire : Apport de la télédétection. *Télédétection*, 5 (4) : 307-323.
- Nghiem V-T. 2014.** Impact du changement du mode d'occupation des sols sur le fonctionnement hydrogéochimique des grands bassins versants : cas du bassin versant de l'Ain. Thèse de doctorat, Université de Grenoble, 306 p.
- Noho Y. 2020.** Essai de géographie physique systématique d'un hydrosystème : les paysages et leurs dynamiques dans le bassin versant du N'Zi (centre-est de la Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan-Côte d'Ivoire, 253 p.
- Noho Y, N'Guessan K, Koli B. 2018.** Caractérisation de la végétation du bassin versant du N'Zi (Côte d'Ivoire). *Revue de Géographie Tropicale et d'Environnement*, (1) : 31-42.
- Oswald J. 2005.** Dynamique des formations agroforestières en Côte d'Ivoire (des années 1980 aux années 2000) Suivi par télédétection et développement d'une approche cartographique. Thèse de doctorat, Université des Sciences et Technologies de Lille, France, 304 p.
- Oswald J, Atta K, Kergomard C, Robin M. 2007.** Représenter l'espace pour structurer le temps: approche des dynamiques des changements forestiers dans le Sud-est de la Côte d'Ivoire par télédétection. *Télédétection*, 7 (1-2-3-4) : 271-282.
- Ouoba A. 2013.** Changements climatiques, dynamique de la végétation et perception paysanne dans le Sahel burkinabè. Thèse de doctorat, Université de Ouagadougou, 305 p.
- Roy P., Paladia H, Chauhan N, Porwal M, Gupta S, Biswas S, Jagdale R. 2005.** Validation of geospatial model for Biodiversity Characterization at Landscape Level – a study in Adaman and Nicobar Islands (India). *Ecological Modelling*, (185) : 349-369.
- Sarr M. 2009.** Cartographie des changements de l'occupation du sol entre 1990 et 2002 dans le nord du Sénégal (Ferlo) à partir des images Landsat, <https://doi.org/10.4000/cybergeogeo.22707>, consulté le 13 janvier 2022.
- Sawadogo H, Zombre P, Bock L, Lacroix D. 2008.** Évolution de l'occupation du sol de Ziga dans le Yatenga (Burkina Faso) à partir de photos aériennes. *Revue de Télédétection*, (8) : 59-73.
- Schweter M. 2016.** Parc national de la Comoé : Patrimoine mondial - Réserve de Biosphère - Côte d'Ivoire - Mission d'appui à l'interprétation des images satellites du Parc national de la Comoé et sa zone périphérique. Rapport, 46 p.
- Sidi Issah A, Djangbedja M, Kpedenou K, Tchamie T. 2018.** Dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans les sites d'exploitation de calcaires au sud-est du Togo. *Revue Ivoirienne de Géographie des Savanes*, (4) : 180-200.
- Soro T, Kouakou D, Kouassi A, Soro G, Kouassi A, Kouadio K, Yéi O, Soro N. 2013.** Hydroclimatologie et dynamique de l'occupation du sol du bassin versant du Haut Bandama à Tortiya (Nord de la Côte d'Ivoire). *Vertigo, La revue électronique en sciences de l'environnement*, 13 (3), [en ligne] <https://journals.openedition.org/vertigo/14468#text> consulté le 25/11/2022.
- Sinsin B, Kampmann D. (Eds), 2010.** Atlas de la biodiversité de l'Afrique de l'ouest, Tome I : Bénin. Cotonou et frankfurt/Main. BIOTA, 676 p.
- Sournia G. 1990.** Les aires de conservation en Afrique francophone : aujourd'hui et demain espaces à protéger ou espaces à partager ? *Les Cahiers d'Outre-Mer*, (172) : 451-463.
- Tiesse B, Wandan E, N'Da D. 2017.** Apport de la télédétection pour le suivi spatiotemporel de l'occupation du sol dans la région montagneuse du Tonkpi (Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal*, 13 (15) : 310-329.
- Yéo D, Soro N, Tiébré M-S. 2019.** Dynamique de l'occupation du sol de la « zone dense » de Korhogo de 2000 à 2015 (nord de la Côte d'Ivoire). *Revue Ivoirienne de Géographie des Savanes*, Numéro Spécial : 405-423