



ISSN: 0975-833X

Available online at <http://www.journalcra.com>

INTERNATIONAL JOURNAL  
OF CURRENT RESEARCH

International Journal of Current Research

Vol. 16, Issue, 05, pp.28478-28485, May, 2024

DOI: <https://doi.org/10.24941/ijcr.47045.05.2024>

## RESEARCH ARTICLE

### EVOLUTION SPATIALE DE L'ESPÈCE *HOPEA ODORATA* ROXB. (DIPTEROCARPACEAE), UN ARBRE EXOTIQUE ENVAHISSANT, DANS LE PARC NATIONAL DU BANCO (ABIDJAN, CÔTE D'IVOIRE)

Doctorant DJAN Arthur Philippe<sup>1,\*</sup>, Docteur ABROU N'Gouan Emmanuel-Joël<sup>1</sup>, Docteur AKAFFOU Sopia Elvire Vanessa<sup>2</sup> and Professeur TIEBRE Marie-Solange<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire des Milieux naturels et Conservation de la Biodiversité, UFR Biosciences, Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire ; <sup>2</sup>Laboratoire des Systématiques, Herbiers et Musée Botanique, Centre National de Floristique, UFR Biosciences, Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

#### ARTICLE INFO

##### Article History:

Received 20<sup>th</sup> February, 2024

Received in revised form

25<sup>th</sup> March, 2024

Accepted 14<sup>th</sup> April, 2024

Published online 30<sup>th</sup> May, 2024

##### Key words:

Spatial evolution, invasive species, *Hopea odorata*, land use, Banco National Park.

##### \*Corresponding author:

Doctorant DJAN Arthur Philippe

#### ABSTRACT

The land-use dynamics of *Hopea odorata*, an invasive species, are being monitored in Banco National Park. The aim was to examine the spatial evolution of the species from 2000 to 2021. To this end, vegetation cover was mapped and analysed using Landsat satellite images from the years ETM + 2000 and 2010 and OLI 2021 acquired on the USGS platform. The rate of change of the area occupied by *Hopea odorata* was also assessed. The study showed that the area occupied by *Hopea odorata* increased by 56.44% from 2000 to 2010, i.e. from 20.29 ha to 31.74 ha, and by 36.07%, i.e. from 31.74 ha to 45.27 ha during the period from 2010 to 2021. Thus, from 2000 to 2021, the area occupied by *Hopea odorata* rose from 20.29 ha to 45.27 ha, representing a 123.12% increase in the Park's surface area. In view of the upward trend of this species, management measures need to be considered in order to protect and conserve the Park's biodiversity in the long term, and to prevent the invasion of this forest massif.

Copyright©2024, Doctorant DJAN Arthur Philippe et al. 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.

Citation: Doctorant DJAN Arthur Philippe, Docteur ABROU N'Gouan Emmanuel-Joël, Docteur AKAFFOU Sopia Elvire Vanessa and Professeur TIEBRE Marie-Solange. 2024. "Evolution spatiale de l'espèce *Hopea odorata* Roxb. (Dipterocarpaceae), un arbre exotique envahissant, dans le Parc National du Banco (Abidjan, Côte d'Ivoire)". *International Journal of Current Research*, 16, (05), 28478-28485.

## INTRODUCTION

Les forêts fournissent diverses fonctions et services écosystémiques cruciaux pour l'Homme et pour la biodiversité végétale et animale (N'Guessan et al., 2019, FAO, 2022). Si les forêts disparaissent, les services écosystémiques également. Malheureusement, la majorité des forêts a disparu au profit des activités anthropiques et a laissé place à des forêts dégradées et des réserves classées (Hosonuma et al., 2012 ; Koné et al., 2014 ; BNETD, 2015 ; Jacquemot, 2018 ; IPBES, 2018b ; FAO, 2019 ; Amba et al., 2021). C'est dans ce contexte que le Parc National du Banco a été créé par le Décret n°53-218 du 31 octobre 1953 (O.I.P.R., 2019). Dans les années 1970, vu la dégradation avancée de cette forêt à cause de son exploitation due à l'agriculture et à l'exploitation abusive du bois, l'introduction des espèces d'arbres ligneux indigènes et exotiques à forte valeur ajoutée et/ou d'usage s'est avérée essentielle pour améliorer et renforcer la valeur de ce parc.

Les espèces végétales telles que *Acacia mangium* Willd (Mimosaceae), *Acacia auriculiformis* Benth. (Mimosaceae), *Aucoumea klaineana* Pierre (Burseraceae), *Tectona grandis* L.f. (Verbenaceae), *Cedrela odorata* L. (Meliaceae), *Gmelina arborea* Roxb. (Verbenaceae) et *Hopea odorata* Roxb. (Dipterocarpaceae), (Gnahoua et Louppe, 2003a ; 2003b ; Tiébré et al., 2014 ; 2015, Van der Meersch et al., 2020 ; Koné et Vroh, 2021) y ont été introduites. Toutefois, l'introduction des arbres exotiques dans les zones de conservation peuvent avoir des effets indésirables et involontaires sur la résilience des habitats et les espèces indigènes (Marinšek et al., 2022). En effet, certaines espèces introduites peuvent se naturaliser et peuvent devenir envahissantes, causant des dommages environnementaux immenses. C'est le cas de l'espèce *Hopea odorata* Roxb. (Dipterocarpaceae) dans le Parc National du Banco qui offre une excellente opportunité pour comprendre et analyser une dynamique d'invasion (Tiébré et al., 2014; 2015).

Originaire de l'Asie du Sud-Est, *H. odorata* a été introduite en Côte d'Ivoire dans les années 70 pour des programmes de reboisement, notamment dans le Parc National du Banco. Appréciée pour son bois, elle est une espèce menacée dans son habitat naturel (Phon, 2000). En Côte d'Ivoire, les études préliminaires démontrent que *Hopea odorata* se régénère abondamment et que l'espèce présente une grande capacité d'invasion (Béligné, 1994 ; Kouakou, 2009 ; Tiébré *et al.*, 2014 ; 2015). Elle pose de sérieux problèmes à la biodiversité du parc car son développement réduit la disponibilité de certaines espèces indigènes (Tiébré *et al.*, 2014). Les études antérieures ont également démontré que l'espèce s'est répandue en dehors de son aire d'introduction dans le parc et occupe désormais une superficie importante d'environ 115,43 ha soit 3,32 % de la surface totale du parc (Akaffou *et al.*, 2019). Cette surface est appelée à augmenter de 0,27 % dans les zones potentiellement favorables à sa distribution d'ici 2050 si aucun programme de gestion n'est mis en place (Akaffou *et al.*, 2019). Alors, il devient urgent de mener des investigations scientifiques pour comprendre sa dynamique d'invasion et permettre de freiner son expansion. A ce jour, aucune étude ne s'est intéressée au suivi de la dynamique de colonisation de *H. odorata* sur un long terme i.e. au cours des vingt (20) dernières années (2000-2021). Les travaux entrepris ont porté sur sa dynamique de colonisation de 2016 à 2018 et sur sa capacité de reproduction et de séquestration du carbone (Akaffou *et al.*, 2019 ; Tiébré *et al.*, 2014). Un suivi environnemental à travers la télédétection peut s'avérer judicieux pour une bonne visibilité de l'évolution de cette espèce et orienter les stratégies de gestion. La présente étude s'est fixée comme objectif général d'analyser l'évolution spatiale de *H. odorata* dans le Parc National du Banco de 2000 à 2021. Plus spécifiquement, il s'est agi de cartographier et d'analyser la dynamique spatiale d'occupation du sol de *H. odorata* dans le Parc National du Banco.

## MÉTHODOLOGIE

**Site d'étude:** Le Parc National du Banco (Figure 1), situé au Sud de la Côte d'Ivoire, s'étend sur une superficie de 3438,34 hectares (O.I.P.R, 2019) et est compris entre les latitudes 5°21' et 5°25' Nord et les longitudes 4°1' et 4°5' ouest. Il est localisé au cœur de la ville d'Abidjan et est à cheval entre les communes de Yopougon, Adjamé et Abobo (Akoue *et al.*, 2017). Le Parc bénéficie d'un climat de type subéquatorial (Eldin, 1971) caractérisé par quatre saisons. Une grande saison sèche qui s'étend de janvier à février. Elle est suivie d'une grande saison des pluies qui part de mars à juillet dont le mois le plus pluvieux se situe en juin. Quant à la petite saison pluvieuse, elle part d'octobre à décembre. Ces deux saisons humides sont séparées par une petite saison sèche qui s'étend d'août à septembre. La pluviométrie annuelle est d'environ 2000 mm. La température moyenne annuelle avoisine 26 °C avec un maximum de 28°5 C entre janvier et mars et un minimum de 24°5 C en août (O.I.P.R, 2019). Le Parc National du Banco est situé dans le domaine guinéen et appartient au secteur ombrophile. Il est caractérisé par la présence de forêts psammohygrophiles dont l'association caractéristique est formée par *Turraeanthus africanus* et *Heisteria parvifolia* (Guillaumet et Adjanohoun, 1971). L'on distingue quatre types de formations végétales que sont la forêt dense humide de terre ferme, la forêt marécageuse, la forêt périodiquement inondée et la forêt ripicole (De Koning, 1983).

## Récolte et traitement des données

**Cartographie de la couverture végétale et suivi de la dynamique d'occupation du sol de *Hopea odorata* au Parc National du Banco:** La collecte des données s'est basée sur de deux techniques. D'abord, trois catégories d'images satellitaires de types Landsat des années ETM + 2000 et de 2010 et de OLI 2021 ont été utilisées pour établir la cartographie de la couverture végétale et suivre la dynamique d'occupation du sol de *Hopea odorata* de 2000 à 2021. Ces images acquises ont été géométriquement corrigées et traitées sur le site de téléchargement de l'United States Geological Survey (USGS) en saison sèche, période au cours de laquelle la différenciation des unités d'occupation des terres est maximale (Sangne *et al.*, 2015, Abrou *et al.*, 2017). Ensuite, des missions de terrain ont été effectuées afin de caractériser, de confirmer ou pas la flore et la structure de la végétation dans différents types d'occupation du sol du Parc National du Banco. À cet effet, 140 points d'intérêt ont été relevés par le Système de Positionnement Global (GPS) de façon randomisée dans les types d'occupation du sol identifiés. Étant donné que les images acquises ont été géométriquement corrigées sur le site de USGS, pour la cartographie, les traitements se sont focalisés aux corrections radiométriques et atmosphériques, ainsi qu'à l'extraction de la fenêtre d'étude. Les améliorations radiométriques ont été appliquées afin d'augmenter la lisibilité des images et de faciliter leurs interprétations. Quant aux corrections atmosphériques, elles ont permis de réduire les effets dus aux comportements atmosphériques sur le rayonnement électromagnétique à l'aide de la méthode qui fait intervenir les paramètres du capteur, appelé la méthode FLASH. Elles ont été suivies d'opérations de géoréférencement pour les rendre superposables aux fichiers vecteurs de la zone du Parc National du Banco obtenus auprès du Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection (CURAT). Par ailleurs, des compositions colorées de type 4-3-2 pour le capteur ETM+ et de types 5-4-3 pour le capteur OLI de 2021 ont été réalisées. Ces combinaisons permettent de distinguer les types de formations végétales qui couvrent la zone. L'interprétation visuelle des compositions colorées a permis de sélectionner plusieurs points d'échantillonnage pour des caractérisations floristiques et structurales des formations identifiées. Pour mieux identifier les différentes classes d'occupation du sol, les parcelles d'entraînement ont été digitalisées à partir de la composition colorée. Cette sélection des parcelles d'entraînement a été faite de façon à obtenir les pixels représentant la classe des espaces occupés par *Hopea odorata*. Ensuite, des missions de terrain ont été effectuées régulièrement en 2022 au cours de la saison sèche. À cet effet, des sites d'intérêt ont été inspectés sur la base de leurs coordonnées géographiques de façon randomisée dans les différents types d'occupation du sol afin d'établir une correspondance entre coloration sur l'image « fausse couleur » et la réalité du terrain. Des inventaires botaniques ont été réalisés et ont permis de décrire les types d'occupation du sol et d'estimer le recouvrement des différentes strates de végétation (Abrou *et al.*, 2017). Ainsi, sur la base des cartes thématiques existantes et des observations recueillies sur le terrain, la classification d'images de l'algorithme du "Maximum de Vraisemblance" suivant l'approche probabiliste a été utilisée pour obtenir la carte d'occupation du sol du PNB. La validation de la classification s'est faite en analysant la matrice de confusion. Au total, 140 points ont été utilisés en phase de validation pour la production de la

matrice de confusion. Les indices de la précision globale et le coefficient Kappa ont permis d'analyser la performance de la classification (Girard et Girard, 1999). L'analyse des changements de l'utilisation des terres permet de connaître les tendances actuelles dans les processus de dégradation de l'environnement (Khalid *et al.*, 2016). L'évolution spatiale des zones occupées par *Hopea odorata* pendant les différentes périodes 2000-2010 et 2010-2021 et 2000-2021 correspond au taux de changement ou d'évolution de l'occupation du sol (Abrou *et al.*, 2017). Il est obtenu à travers la formule mathématique:

$$TC = \frac{T2 - T1}{T1} \times 100$$

T1 et T2 sont respectivement la superficie initiale et finale de la classe d'occupation du sol. Les valeurs positives de TC indiquent des progressions de la classe d'occupation du sol occupée par *Hopea odorata* tandis que les valeurs négatives traduisent des pertes de végétation au niveau de ladite classe. Les logiciels ENVI 4.7 et QGIS 2.14 ont permis d'effectuer tous les traitements.

## RÉSULTATS

**Tendance évolutive des types d'occupation du sol du Parc National du Banco de 2000 à 2021:** Quatre (4) classes distinctes d'unités de végétation ont été identifiées après les traitements effectués sur les trois images téléchargées pendant les périodes de 2000 ; 2010 ; 2021 (Figure 2 ; 3 ; 4). Il s'agit de la classe 1 représentée par (bâti/sol nu), classe 2 (individus de *Hopea odorata*), classe 3 (cours d'eau) et classe 4 (autres végétations). Les précisions cartographiques globales des classifications sont de 84,11 % ; 88,21 % et 96,41 % respectivement pour les images de 2000 ; 2010 et 2021 (Tableaux I, II, III). Ces indices d'exactitude ont permis d'obtenir un coefficient de Kappa de 0,79 ; 0,90 et 0,93 respectivement pour les trois images satellitaires des années 2000, 2010 et 2021. Pour l'ensemble des traitements réalisés, des confusions ont été observées entre différentes classes d'occupations du sol. Les fortes confusions ont été remarquées entre les espaces occupés par *Hopea odorata* et les autres types de végétations avec des pourcentages de 29,24 % pour l'image de 2000, de 19,22 % pour l'image de 2010 et de 3,99 % pour l'image OLI de 2021. Par ailleurs, d'autres confusions ont été observées entre la classe cours d'eau et la classe *Hopea odorata*. Ainsi, les valeurs les plus fortes de cette confusion sont représentées au niveau de l'image de 2010. Cette valeur est de 2,94 %. Au niveau de l'image de 2000, la confusion des pixels est de 1,53 % entre ces deux classes précitées. L'analyse de la carte de l'occupation du sol de 2000 montre une prédominance des autres végétations couvrant une superficie de 3407,42 ha soit environ 99 % de la superficie totale du Parc National du Banco. Les zones occupées par *Hopea odorata* possèdent une surface 20,29 ha avec un taux de 0,58 % de la superficie totale du PNB. Les cours d'eaux couvrent dans leur ensemble 10,38 ha soit 0,29 % de la superficie totale. Par ailleurs, les classes bâti/sols nus couvrent 0,25 ha et représente la plus faible superficie occupée du Parc National du Banco (Figure 2). Quant à l'image de 2010, elle montre une légère régression de la surface occupée par la classe autre végétation mais tout en restant la plus grande superficie, avec 3392,81 ha soit 98,6 % de la superficie totale du Parc National du

Banco. Les zones occupées par *Hopea odorata* a quant à elles, augmentées d'environ 10 ha soit 31,7 ha avec un pourcentage de 0,91 % de la superficie totale du Parc National du Banco. Les cours d'eaux tapissent dans leur ensemble 13,37 ha soit 0,38 % de la superficie totale. Enfin, les classes bâti/sols nus couvrent 0,46 ha et représente toujours moins de 1 % de la superficie du Parc National du Banco (Figure 3). Concernant la carte de l'occupation du sol de 2021 réalisée à partir de l'image issue du capteur Landsat OLI, la classe autre végétation couvre une superficie de 3377,18 ha soit 98,2 % de la superficie totale du Parc National du Banco. La classe *Hopea odorata* possède une surface 45,27 ha avec un taux de 1,3 % de la superficie totale du Parc National du Banco. Les cours d'eaux couvrent dans leur ensemble 15,36 ha soit 0,44 % de la superficie totale. Par ailleurs, les classes bâti/sols nus couvrent 0,53 ha et représente moins de 1 % de la superficie du Parc National du Banco (Figure 4).

**Évolution spatiale de *Hopea odorata* dans le Parc National du Banco :** Pendant la période allant de 2000 à 2010 des modifications des espaces occupés par *Hopea odorata* se sont produites dans le parc (Figure 5). L'analyse du taux de croissance de *H. odorata* a montré que des gains de surfaces de l'espèce ont été enregistrés dans le Parc National du Banco. Ainsi, de 20,29 ha occupés par *H. odorata* en 2000, la surface de la zone occupée par cette espèce est passée à 31,74 ha avec un taux de croissance de 56,44 % (Tableau IV).

Au cours de la période allant de 2010 à 2021, un gain de surfaces des espaces occupés par *Hopea odorata* a été observé au niveau du Parc National du Banco (Figure 6). De ce fait, la surface de la zone occupée par *H. odorata* est passée de 31,74 ha en 2010 à 45,27 ha en 2021 montrant un taux de croissance de 36,07 %. Autrement dit, l'espace occupé par *H. odorata* a gagné 36,07 % de terrain dans le Parc National du Banco. De 2000 à 2021, les surfaces occupées par *H. odorata* dans le Parc National du Banco ont pratiquement doublé (Figure 7). Ainsi, en 2000, la surface occupée par l'espèce qui était 20,29 ha est passée à 45,27 ha en 2021 avec un taux de croissance de 123,12 %. En d'autres mots, l'espace occupé par *H. odorata* a gagné 123,12 % de terrain dans le Parc National du Banco en l'espace de 21 années.

## DISCUSSION

**Discrimination des types d'occupations du sol:** La discrimination entre les différents types d'occupation du sol (autres végétations, espaces à *Hopea odorata*, Bâti/sols nus et cours d'eau) a été possible grâce à l'indice NDVI et aux compositions colorées réalisées. Ces analyses ont permis de déterminer les types d'occupation du sol par rapport à l'intensité de l'activité photosynthétique, au recouvrement au sol, à la verdure et à l'humidité de surface. Elles montrent que, si les zones forestières se distinguent aisément de celles sur terre ferme, la reconnaissance des zones occupées par *Hopea odorata* a nécessité la synchronisation des informations fournies par les indices de végétations calculés homogènes. La capacité de discrimination de tous ces habitats grâce aux indices de Tasseled cap a été suffisamment démontrée par plusieurs auteurs (Abrou *et al.*, 2017 ; Soro *et al.*, 2014 ; Lebart *et al.*, 2015). Par contre, l'utilisation de la méthode de classification supervisée par maximum de vraisemblance dans cette étude, a présenté des difficultés pour la discrimination de certains types d'occupations du sol.

**Tableau I. Matrice de confusion de la classification de l'image Landsat ETM de 2000**

Année	Classe	<i>Hopea odorata</i>	Bâti / Sol nu	Cours d'eau	Autre Végétation
2000	<i>Hopea odorata</i>	69,23	1,15	0,02	23,58
	Bâti / Sol nu	0	98,53	0	0,01
	Cours d'eau	1,53	0	98,65	0
	Autre Végétation	29,24	0,32	1,33	76,41
	Total	100	100	100	100
Précision globale = 84,11 %					
Kappa = 0,79					

Les cellules en couleur grise représentent le nombre de pixels bien placés d'un type d'occupation de sol.

**Tableau II. Matrice de confusion de la classification de l'image Landsat ETM de 2010**

Année	Classe	<i>Hopea odorata</i>	Bâti / Sol nu	Cours d'eau	Autre Végétation
2010	<i>Hopea odorata</i>	79,91	0,69	2,02	19,22
	Bâti / Sol nu	0,74	99,18	0,03	0,63
	Cours d'eau	2,94	0	97,61	0,14
	Autre Végétation	16,41	0,13	0,34	80,01
	Total	100	100	100	100

Précision globale = 88,21 %; Kappa = 0,90 Les cellules en couleur grise représentent le nombre de pixels bien placés d'un type d'occupation de sol.

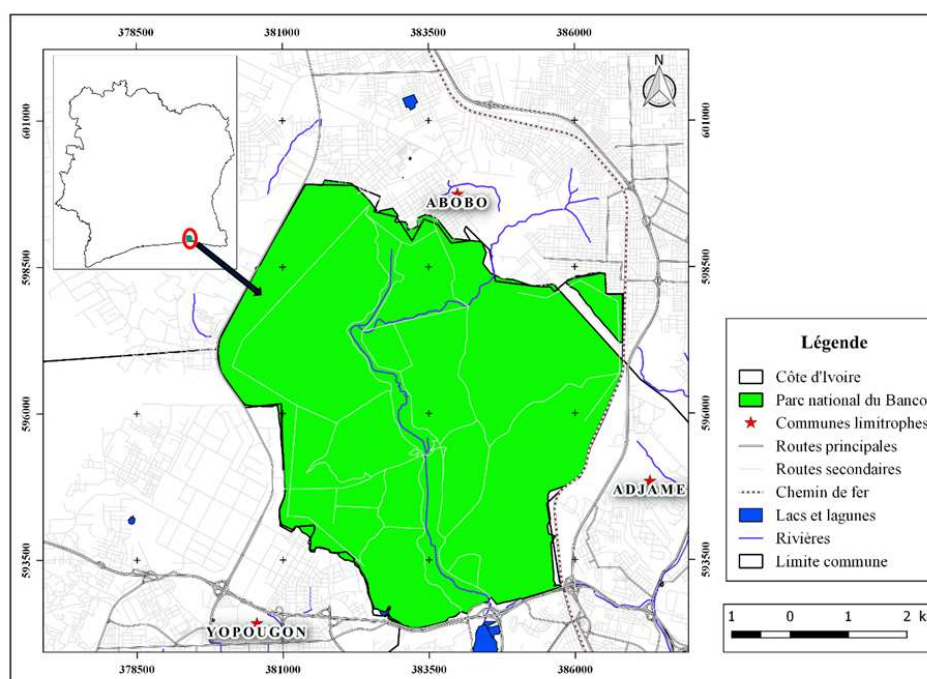
**Tableau III. Matrice de confusion de la classification de l'image Landsat OLI de 2021**

Année	Classe	<i>Hopea odorata</i>	Bâti / Sol nu	Cours d'eau	Autre Végétation
2021	<i>Hopea odorata</i>	94,16	0,12	0,43	3,91
	Bâti / Sol nu	0,85	99,88	0,11	0,28
	Cours d'eau	1	0	99,24	0
	Autre Végétation	3,99	0	0,22	95,81
	Total	100	100	100	100

Précision Globale = 96,41 %; Kappa = 0,93; Les cellules en couleur grise représentent le nombre de pixels bien placés d'un type d'occupation de sol.

**Tableau IV. Surfaces des zones occupées par *Hopea odorata* en fonction des années**

<i>Hopea odorata</i>	Surfaces des zones occupées (ha)		
	Année 2000	Année 2010	Année 2021
	20,29	31,74	45,27
	Changements globaux (%)		
	2000-2010	2010-2021	2000-2021
56,44	36,07	123,12	



**Figure 1 :** Carte de localisation du Parc National du Banco

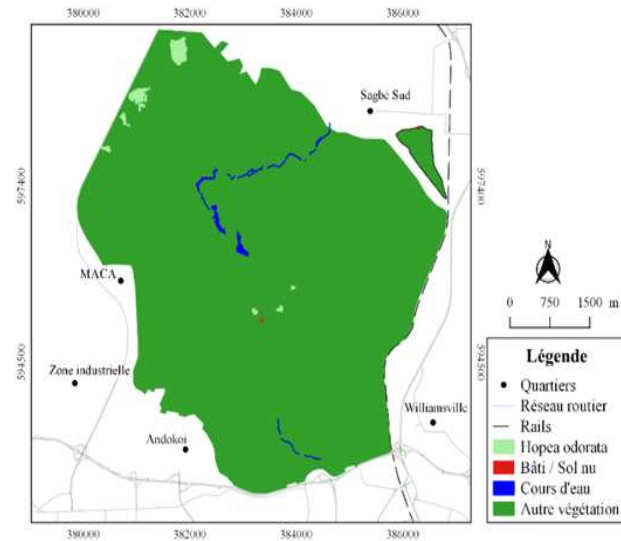


Figure 2 : Carte présentant les zones types d'occupation du sol de *Hopea odorata* en 2000 dans le Parc National du Banco

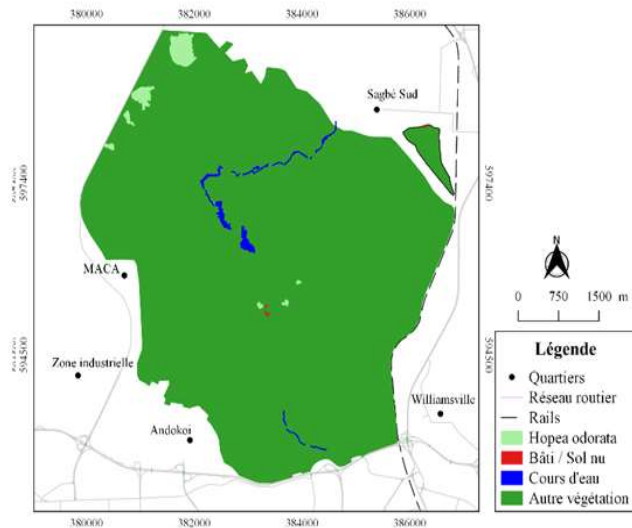


Figure 3 : Carte présentant les zones types d'occupation du sol de *Hopea odorata* en 2010 dans le Parc National du Banco

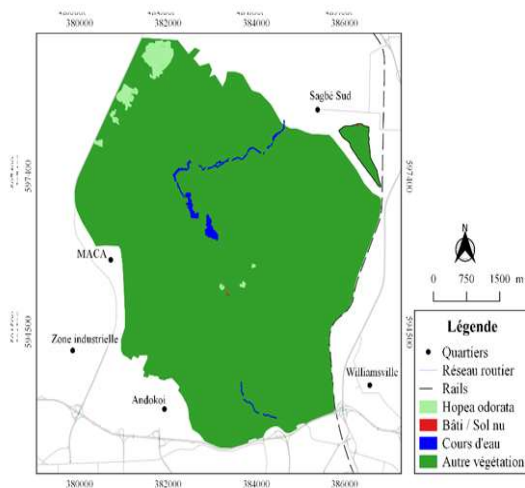


Figure 4 : Carte présentant les zones types d'occupation du sol de *Hopea odorata* en 2021 dans le Parc National du Banco

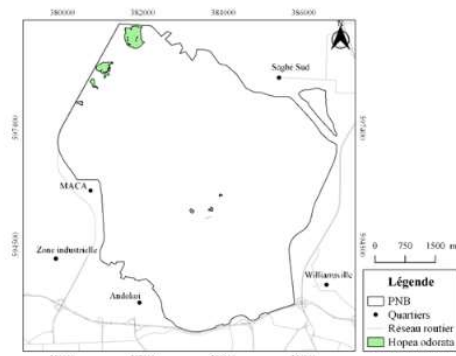


Figure 6 : Carte présentant les zones occupées par *Hopea odorata* en 2010 dans le Parc National du Banco

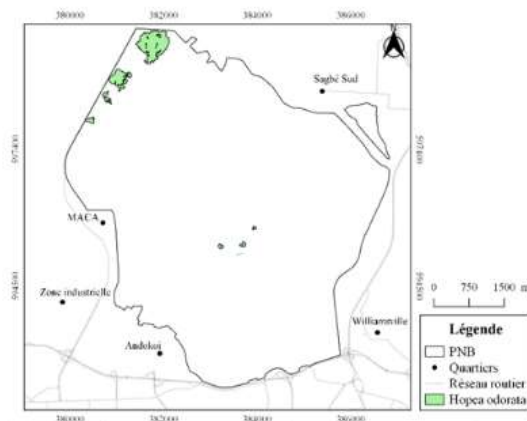


Figure 7 : Carte présentant les zones occupées par *Hopea odorata* en 2021 dans le Parc National du Banco

En effet, c'est l'algorithme de classification qui se base uniquement sur les informations spectrales pour extraire les informations. Cette limite crée donc des confusions entre les différentes classes selon Cabral (2007). Ces erreurs ont été minimisées par les visites de terrain et le choix des sites d'entraînement, comme préconisé par Caloz et Collet (2001). Les précisions cartographiques globales ayant permis de faire des discriminations des types d'occupation du sol sont de 84,11%, 88,21 % à 90,41 % respectivement pour les images ETM 2000 et 2010 et OLI de 2021. En effet, selon Abrou *et al.* (2017) dans une étude de l'occupation du sol dans le Département d'Aboisso, précisément dans la forêt villageoise FMTE lorsque l'indice de Kappa ou les précisions globales évaluées dans les opérations de classification est compris entre 50 et 75 %, la classification adoptée est valable et les résultats peuvent être judicieusement utilisés. Ainsi, moins il y a de classes de type d'occupation du sol, plus grande est la précision de la classification. En conséquence, les erreurs de confusion diminuent quand le nombre de classes de l'occupation du sol diminue (Mamaet Oloukoi., 2003). De plus N'Da *et al.* (2008) ont obtenu des précisions de 82,60 % et 82,66 % pour les années 2003 et 1986 en traitant des images Landsat couvrant le Parc National de la Marahoué, montrant que ces images peuvent permettre la distinction des types d'occupation de sol lorsqu'il y a moins de classes. Aussi, les images OLI ont permis une meilleure discrimination des différents types de formations avec des précisions globales élevées, comparativement aux images ETM+. Cela pourrait être attribué au fait que le nouveau capteur OLI de Landsat 8 a une meilleure résolution radiométrique (16 bits) que les images TM et ETM+ avec une résolution de 8 bits (Siwe *et al.*, 2008).

En conséquence, des confusions relativement élevées ont été observées entre les autres types de formations nommés « autre végétation » et les espaces occupés par *Hopea odorata* dans le PNB. La confusion entre ces zones forestières pourrait s'expliquer d'une part par le fait que les images Landsat utilisées ont de faibles résolutions (30 mètres), cela ne permettrait pas de discriminer au mieux certains biotopes et d'autre part, du fait que la signature spectrale des deux soit probablement proche car l'essentiel du signal est donné par la strate ligneuse. Ces observations concordent avec celles de N'Da *et al.* (2008), qui ont montré lors de leurs travaux dans le Parc National de la Marahoué, que les arbres émergents sont les responsables du comportement spectral des images Landsat. Aussi, lors de ses travaux dans la Forêt des Marais Tanoé-Ehy, Abrou (2019) a montré que la strate arborée dans une formation végétale est responsable en grande partie du rayon réfléchi vers le capteur. En effet, dans les formations forestières, la forte corrélation entre la structure des ligneux et la confusion spectrale, peut s'expliquer par le fait que les forêts sont des formations fermées où les ligneux sont prédominants (forte densité, importante aire basale et recouvrement de 80 à 100 p.c.). Ainsi, l'essentiel du signal perçu au capteur provient de la strate ligneuse. En somme, les divers indices de végétation utilisés dans cette étude ont permis de discriminer quatre différents types d'occupation du sol. Cependant, l'utilisation de la méthode de classification supervisée par maximum de vraisemblance dans cette étude a montré ses limites par la confusion relativement élevée de certaines. L'obstacle de la distinction entre espace à *Hopea odorata* et autre végétation par traitement d'image réside du fait de la proximité de ces deux signatures spectrales.

Néanmoins, les visites de terrain ont permis de corriger ces erreurs se matérialisant par des précisions cartographiques élevées.

**Cartographie de la dynamique de l'occupation du sol dans la zone d'étude:** La production des cartes d'occupation du sol sur la base d'images satellitaires Landsat datant de 2000, 2010 et 2021, à partir des indices de végétation (NDVI et Tasseled cap) a montré qu'il existe des différences (couleurs) entre les types d'occupation du sol. En effet, ces différences pourraient s'expliquer par le fait que les zones de forêt à forte couverture végétale ont tendance à briller moins au niveau de l'indice de brillance. La canopée relativement fermée de ces biotopes forestiers semble être responsable de cette coloration, étant donné que cet indice met en relief le sol. Selon le niveau d'ouverture de la canopée, un gradient de l'indice de brillance a permis de faire la distinction entre les surfaces végétalisées et les sols nus. Au niveau de la verdure, les biotopes forestiers du PNB, avec la forte densité des arbres, ont pu se distinguer des autres types d'occupation du sol ayant une faible densité. Par contre, la différence nette entre les habitats à *Hopea odorata* et les autres types de végétation n'a pas été possible. Cette situation pourrait être due à la même canopée qui prévaut dans ces milieux, ce qui a donné pratiquement la même coloration au niveau de cet indice BI. En effet, d'une image à une autre, la sensibilité de ces indices face aux facteurs physiques de ces zones induirait le changement du comportement. Il ressort des analyses de la dynamique de l'occupation du sol que les autres types de végétation occupent les fortes superficies du PNB. En effet, cette forêt est une forêt du type *Turraeanthus africanus* et *Heisteriaparvifolia*. L'augmentation des superficies de zones à *Hopea odorata* pourrait être due en grande partie au caractère évasif de cette espèce.

**Évolution et pertinence de la colonisation de *Hopea odorata* dans le PNB:** L'analyse de l'évolution des zones occupées par *Hopea odorata* a permis de mettre en évidence le caractère envahissant de l'espèce précitée. La dynamique de la colonisation de la végétation est donc orientée dans le sens d'une légère conversion des surfaces occupées par les espèces indigènes par *Hopea odorata* surtout au niveau du côté de la Maison d'Arrêt et de Correction d'Abidjan (MACA) où l'on observe une forte colonisation de cette espèce. Cette colonisation a permis la dégradation de cette zone.

**Déclaration de conflits d'intérêts:** Les auteurs de cet article déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêts.

## CONCLUSION

Cette étude a révélé différents types d'occupation du sol dans le PNB, à partir de l'analyse des images satellitaires Landsat de 2000, 2010 et de 2021, puis des données floristiques provenant des relevés de surface et itinérant. Il s'est agi de quatre grandes classes, notamment les zones occupées par *Hopea odorata*, le cours d'eau, les bâtis / sols nus et les autres types végétations qui regroupent toute végétation autre que les espaces occupés par *H. odorata*. On observe que l'espace occupé par *H. odorata* a gagné du terrain avec un taux de croissance 123,12 % dans le Parc National Banco, soit un gain de 24,98 hectares en l'espace de 21 années. Les résultats montrent que *H. odorata* est une espèce invasive

particulièrement expansive au Parc National Banco. Par ailleurs, la mise en place d'une méthode de gestion devient prioritaire afin d'éviter l'envahissement du parc et protéger les espèces indigènes.

## Glossaire des abbreviations

**OIPR:** Office Ivoirien des Parcs et Réserves

**PNB:** Parc National du Banco

**USGS:** United States Geological Survey

## RÉFÉRENCES

- Abrou N. E. J., Kpangui K. B., Vroh B. T. A., & Adou Yao C. Y., 2017. Déterminismes de la Dynamique de la Forêt des Marais Tanoé-Ehy (FMTE). *European Scientific Journal*, 27 (13) : 301-317.
- Abrou N. E. J., 2019. -Activités anthropiques, diversité floristique et dynamique de la végétation de l'espace de la Forêt des Marais Tanoé-Ehy (FMTE), Sud-Est de la Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat, Université Felix Houphouët Boigny, Abidjan Côte d'Ivoire, 234 p.
- Akaffou SVE, Ouattara M, Roseline GGZ, Tiébré M-S. 2019. - Dynamique de Colonisation des Zones Ruderales d'un Massif Forestier Urbain par les Espèces Végétales Exotiques Envahissantes : Cas du Parc National du Banco (Cote d'Ivoire). *European Scientific Journal*, 21(15): 40-267.
- Akoue Y. C., Adaman S. & Zon D., 2017. - Parc National Du Banco, un patrimoine entre destruction et conservation : Réalité et enjeux d'une gestion durable. *European Scientific Journal*, 13 (2) : 182-195.
- Amba G.J.A, Gnahoré E., Diomandé S. & Bakayoko A., 2021. Diversité floristique et structurale de la forêt classée de la Mabi au Sud-Est de la Côte d'Ivoire. *Afrique SCIENCE 18(1) (2021) 159 - 171*
- Béliné V., 1994. - Étude de l'état du milieu naturel du Parc National du Banco. Recommandations pour sa sauvegarde et son aménagement. WWF-Abidjan, 47 p.
- BNETD (Bureau National d'Étude Technique et de Développement), 2015. Rapport pour les états généraux de la forêt, de la faune et des ressources en eau : gestion durable des ressources forestières, Côte d'Ivoire, 33 p.
- Cabral J. S. & Beirão G., 2007. Understanding attitudes towards public transport and private car: A qualitative study. *Transport policy*, 14(6) : 478-489.
- Caloz R., Collet C., 2001 : Traitements numériques d'images de télédétection, Québec, Presses de l'Université du Québec – Agence Universitaire de la Francophonie, *Précis de télédétection – Volume 3*, 386 p.
- De Koning J., 1983. - La forêt du Banco. Thèse de Doctorat, Université de Wageningen, Pays-Bas, 161 p.
- Eldin M., 1971. - Le climat de la Côte d'Ivoire. In : Le milieu naturel de Côte d'Ivoire. Mémoires ORSTOM, 50, Paris (France), pp 73-108.
- FAO, 2019. - Trees, forests and land use in drylands: the first global assessment. Full report, FAO, Forêts, N° 184, Rome, 190 p.
- FAO. 2022. La Situation des forêts du monde. Des solutions forestières pour une relance verte et des économies inclusives, résilientes et durables. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb9360fr>
- FAO & SEP-REDD+, 2017. Données forestières de base pour la REDD+ en Côte d'Ivoire. Cartographie de la

- dynamique forestière de 1986 à 2015. Abidjan, Côte d'Ivoire. 32p.
- Girard, M. C et Girard M.C., 1999.- Traitement des données de télédétection, Interprétation physique des données, les comportements spectraux. 529 p.
- Gnahoua G.M., Konan A. & Louppe D., 2003. - Dèdè, *Ficus exasperata* un arbre fourrager : Fiche technique. Montpellier : CIRAD-Forêt, 3 p.
- Guillaumet J. L. & Adjanohoun E., 1971. La végétation de la Côte d'Ivoire. In *Le milieu naturel de Côte d'Ivoire. Mémoires ORSTOM*, Paris (France), 50 : 161-263.
- Hosonuma N., Herold M., De Sy V., De Fries R.S., Brockhaus M., Verchot L., Angelsen A. & Romijn E., 2012. - An assessment of deforestation and forest degradation drivers in developing countries, *Environmental Research Letters*, 7(4): 044-049.
- IPBES, 2018b. The IPBES regional assessment report on biodiversity and ecosystem services for Africa. Archer, E., Dziba, L., Mulongoy, K.J., Maoela, M.A. et Walters, M. (sous la dir. de), Secrétariat de la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques, Bonn, Allemagne, 492 p.
- Jacquemot J., 2018. La déforestation en Afrique. Comment éviter le pire ? *willagri*. 18 p.
- Kouakou N.J., 2009. Espèces invasives du jardin botanique de l'Université de Cocody- Abidjan : Cas de *Psydraxsubcordata* et *Hopea odorata*. DEA. Université de Cocody : Abidjan, p. 50.
- Kone M., Kouadio Y. L., Neuba D. F. R., Malan D. F. & Coulibaly L., 2014. Évolution de la couverture forestière de la Côte d'Ivoire des années 1960 au début du 21ème siècle. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 7 (2), 782 – 794.
- Koné Y. & Vroh B.T.A., 2021. Diversité de la régénération des ligneux dans les Plantations forestières au centre de la côte d'ivoire *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 25(4), 253-266.
- Lebart L., Bagarry A., Chanson V. & Moreau L., 2015. Glaciers : inventaire photographique des glaciers du massif du Mont Blanc. 69.
- Mama V. J. ; Oloukoi J., 2003. Evaluation 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.
- Marinšek A., Bindewald A., Kraxner F., La Porta N., Meisel P., Lapin K. (eds). 2022. Gestion des arbres non indigènes des forêts de l'espace alpin. 143 p.
- N'Da D. H., N'Guessan K. E., Wadja E. M. & Kouadio A., 2008. Apport de la télédétection au suivi de la déforestation dans le parc national de la Marahoué (Côte d'Ivoire). *Télédétection*, 8(1) : 17 - 34.
- N'Guessan A.E., Kassi N.J., Yao N.O., Amani H.K.B, Gouli G.Z.R, Piponiot C., Irie Bi C.Z & Héroult B., 2019. Drivers of biomass recovery in a secondary forested landscape of West Africa. *Forest Ecology and Manag.*, Vol. 433 : 325 - 331.
- O.I.P.R., 2019. Plan d'aménagement et de gestion du Parc National du Banco 2019-2028. 145p.
- Phon D. 2000. Dictionnaire des plantes utilisées au Cambodge: Cambodge. Olympic, Phnom Penh, 915 p.
- Pirard, R., Cuny, P., Plancheron, F., Moynot, G., Rageade, M., Leclercq, PE., 2021. Inventaire Floristique et Faunique National de la Côte d'Ivoire, *ONF International*, Nogent-sur-Marne, France. pp 8.
- Sangne, C. Y., Barima, Y. S. S., Bamba, I., N'Doumé, C. A., 2015. Dynamique forestière post-conflits armés de la Forêt classée du Haut-Sassandra (Côte d'Ivoire). [Vertigo] La revue électronique en sciences de l'environnement, Vol. 15, n° 3, 18 p.
- Siwe R. N. & Koch B., 2008. Change vector analysis to categorize land cover change processes using the tasselled cap as biophysical indicator. Description : Implementing Landsat TM and ETM to detect land cover and land use changes in the mount Cameroon region using the CVA technique with the tasselled cap as biophysical indicator. *Environmental monitoring and assessment*, 145 (1-3): 227 - 235.
- Soro G., Ahoussi E. K, Kouadio E.K., Soro T.D., Oulare S., Saley M.B., Soro N. et Biemi J., 2014. Apport de la télédétection à la cartographie de l'évolution spatio-temporelle de la dynamique de l'occupation du sol dans la région des Lacs (Centre de la Côte d'Ivoire) *Afrique science* 10(3) 146 - 160
- Tiébré M.S., Djaha K., Vroh B.T.A., N'Da K.D. & Adou Yao C.Y., 2014. -Stratégies et potentiel d'invasion des massifs forestiers par *Hopea odorata* Roxb. (Dipterocarpaceae) : cas du Parc National du Banco en Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8 (2): 666-679.
- Tiébré M.S., Vroh B.T.A., Kouamé D., Dibi K.D. & Adou Yao C.Y., 2015. - Effets d'un arbre exotique envahissant *Hopea odorata* Roxb. (Dipterocarpaceae) sur la diversité floristique et le stockage de carbone du Parc National du Banco en Côte d'Ivoire. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 10 (1): 207- 278.

\*\*\*\*\*