



Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Dynamique spatio-temporelle des écosystèmes de mangroves sous pressions anthropiques dans le Sud-est du Parc national d'Azagny (PNA) de 1988 à 2020 au Sud de la Côte d'Ivoire

Crystel Natacha BOHOUSSOU^{1*}, Hyppolite N'Da DIBI^{1,2}, Noël Kouman NANAN¹, Memon Kassau GUIRMAISSO², Kadio Saint Rodrigue AKA^{2,3}, Jephthé N'Dri KOFFI²

¹ *Laboratoire des Milieux naturels et Conservation de la Biodiversité Abidjan, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny 22 BP 582 Abidjan Côte d'Ivoire.*

² *Centre de Recherche et d'Application en Télédétection (CURAT), Université Félix Houphouët-Boigny 23 BP 4954 Abidjan, Côte d'Ivoire.*

³ *Climate Change and Disaster Risks Management program, Wascal-Togo, Université de Lomé, Togo.*

*Auteurs correspondant ; E-mail : crystelnatacha@gmail.com, Tel : (+225) 0748049793

Received: 12-12-2023

Accepted: 13-02-2024

Published: 29-02-2024

RESUME

Comme les forêts tropicales, les forêts de mangrove ne sont pas épargnées du recul constant en superficie partout dans le monde comme en Côte d'Ivoire. La plupart du temps ce recul est causé par des pressions anthropiques exercées sur ces forêts à cause de l'activité socioéconomique lié à celle-ci sans une conservation adéquate de la ressource pour les générations futures. C'est dans cette optique que cette étude a été initiée dans le Sud-Est du Parc National d'Azagny. Elle s'était fixée pour objectif général d'améliorer la gestion des écosystèmes de mangrove en évaluant l'impact des activités anthropiques sur cette ressource dans ladite zone. Le matériel utilisé était essentiellement composé de Garmin Map type 62s, quatre (4) images Landsat (1988, 1998, 2008, 2020), ainsi que les logiciels Envi 5.1 et QGIS 3.3 et ArcGIS 10.2. La méthodologie s'appuyait sur le prétraitement des images, suivies du traitement et l'analyse de la répartition spatiale. Les cartes de dynamique résultante montraient que les formations végétales naturelles ont régressé au profit des formations végétales anthropisées. Les superficies de la mangrove ont considérablement baissé en passant de 36,14% en 1988 à 4,4% en 2020 sous pression anthropique. Les cartes de dynamique et les superficies des différentes classes obtenues étaient des outils et informations importantes pour la mise en œuvre d'une politique de gestion durable des écosystèmes de mangrove.

© 2024 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Cartographie, Gestion, RAMSAR, Côte d'Ivoire, Mangrove.

Spatio-temporal dynamics of mangrove ecosystems under anthropogenic pressures in the southeastern Azagny National Park (ANP) from 1988 to 2020 in southern Côte d'Ivoire

ABSTRACT

Like tropical forests, mangrove forests are not spared from the constant decline in surface area throughout the world, as in Côte d'Ivoire. Most of the time, this decline was caused by anthropic pressures exerted on these forests due to the socio-economic activity associated with them, without adequate conservation of the resource

for future generations. It was with this in mind that this study was initiated in the south-east of the Azagny National Park. Its overall aim was to improve the management of mangrove ecosystems by assessing the impact of human activities on this resource in the aforementioned area. The equipment used was essentially Garmin Map type 62s, four (4) Landsat images (1988, 1998, 2008, 2020), as well as Envi 5.1 and QGIS 3.3 and ArcGIS 10.2 software. The methodology was based on image pre-processing, followed by processing and analysis of the spatial distribution. The resulting dynamics maps showed that natural plant formations have regressed in favor of anthropized plant formations. The area of mangroves has declined considerably, from 36.14% in 1988 to 4.41% in 2020 under anthropogenic pressure. The dynamic maps and surface areas of the different classes obtained are important tools and information for implementing a sustainable management policy for mangrove ecosystems.

© 2024 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Cartography, Management, RAMSAR, Ivory Coast, Mangroves.

INTRODUCTION

Les zones humides, berceaux de la biodiversité et éléments clés de notre environnement, sont parmi les écosystèmes les plus productifs abritant plus ou moins toutes les unités taxonomiques florales et faunistiques (Garg, 2015). Les formations de mangrove faisant partie de ces zones humides occupent les berges lagunaires, marécageuses et abritées des régions tropicales (Orékan et al., 2018). Ces forêts de mangroves jouent un rôle essentiel, aussi bien physique qu'écologique, dans la protection des littoraux en servant de barrière contre l'érosion, ou en étant à la base du cycle des nutriments en milieu côtier. Toutefois, les activités anthropiques liées à ce transport constituent des menaces pour sa pérennisation. Sous l'effet cumulé de diverses actions anthropiques, l'écosystème de mangrove subit des pollutions diverses de façon continue. Depuis plusieurs années, l'opinion publique a pris conscience de la dégradation et de la diminution de ces ressources naturelles mais aussi de la nécessité de leur utilisation rationnelle et de leur conservation. Selon le rapport général de la FAO de 2020, la diminution des surfaces de mangrove a ralenti de moitié si l'on compare 1990-2000 et 2010-2020, de 47 000 ha par an à 21000 ha. L'Afrique possède environ 3,2 millions d'hectares de mangroves dont 70% se concentrent dans les seuls pays du Nigeria, du Mozambique, de Madagascar, de la Guinée et du Cameroun (FAO, 2007). Selon les mêmes auteurs, ces vingt dernières la surface des mangroves africaines a considérablement

diminué, de l'ordre de 30% dans la partie ouest du continent Folega et al. (2017). Dans cet état de diminution, l'effet cumulé de diverses activités anthropiques constituent des menaces pour sa pérennisation Ajonina et al. (2015).

En Côte d'Ivoire, les mangroves occupent une superficie très restreinte. Des études indiquent une diminution variant de 30 200 ha à 9 900 ha respectivement pour les années 1980 à 2005 (FAO, 2005). Le site RAMSAR d'Azagny subit les mêmes agressions. Cependant une étude a été menée par N'Da et al. (2019) sur la cartographie des mangroves. Cette étude a montré que les mangroves subissent une dégradation alarmante en dehors du Parc National d'Azagny (PNA) qui est protégé par l'Office Ivoirien des Parcs et Réserves (OIPR) avec une réduction de 31% de sa superficie dans le sciage des villages de la Sous-préfecture de Toukouzou entre 2009 et 2016. Cette situation représente une réelle menace de disparition de la ressource dans les villages périphériques qui pourrait conduire les populations à violer les limites du Parc. Aussi, il est primordial pour les gestionnaires de l'Office Ivoirienne des Parcs et Réserves (OIPR) d'anticiper sur les agressions futures du site (RAMSAR). Malheureusement, dans une situation d'inexistence ou de rareté de données et d'informations actualisées sur la dynamique de la ressource. C'est dans cette optique que cette étude a été initiée dans le but de combler les lacunes en données et informations pour la mise en œuvre d'une politique de gestion durable des écosystèmes de mangrove dans le voisinage du site RAMSAR d'Azagny, à partir

des données d'observation de la terre. Il serait difficile d'envisager une gestion durable de cette dernière.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude est située au sud-est du Parc national d'Azagny, en Côte d'Ivoire. Elle est bordée par l'océan Atlantique, la lagune Ebrié et le fleuve Bandama. Elle fait partie de la région des Grands-ponts au sud de la Côte d'Ivoire. Cette zone est à cheval sur les départements de Grand-Lahou et de Jacqueline. Le site Ramsar d'Azagny qui est une presqu'île délimitée par le fleuve Bandama à l'Ouest, le canal d'Azagny au Sud, la lagune Ebrié à l'Est et le paysage rural de Tiebiéssou au Nord (Figure 1). Elle se situe entre les latitudes Nord 5°09' et 5°16'' et les longitudes Ouest 4°48' et 4°58' (Lauginie, 2007).

Matériel

Le matériel cartographique était composé d'un récepteur GPS (Système de positionnement par satellite) type Garmin Map 62s qui a permis d'enregistrer les coordonnées géographiques des sites d'échantillonnage. Quatre images Landsat ont été utilisées pour cartographier la dynamique des mangroves dans la zone d'étude (Tableau 1), ont permis d'avoir une carte d'occupation du sol de la zone et également des cartes de la dynamique des mangroves. Les logiciels Envi 5.1 et QGIS 3.3 ont servi au traitement des images Landsat, ArcGIS 10.2, pour la production cartographique et les analyses spatiales

Méthodes

Prétraitement des images satellitaires Landsat

Les étapes de la méthodologie ont consisté en la correction radiométrique et atmosphérique des images Landsat, l'extraction de la zone d'étude et la classification des images.

La correction radiométrique et atmosphérique d'image s'est fait respectivement à l'aide de l'outil Radiometric calibration et Dark subtraction dans le logiciel ENVI 5.3. La correction radiométrique a

consisté à corriger les effets des différents bruits qui perturbent la mesure radiométrique, notamment les défauts du capteur et le voile atmosphérique. La correction atmosphérique quant à elle a permis de corriger les dérangements de rayonnement électromagnétique. L'extraction de la fenêtre d'image couvrant la zone d'étude a été l'opération finale de l'étape de prétraitement. Elle a consisté à superposer le « fichier vecteur contours » de la zone d'étude sur les images Landsat. Cette opération faite sur le logiciel ENVI, à travers l'outil « *Region of Interest (ROI)* » a permis d'extraire la zone d'étude des scènes d'images Landsat. Un masque était d'abord généré grâce au fichier vecteur de la zone d'étude et appliqué à l'image toute entière à partir de la boîte d'outil (*Basic tools-Masking- Build mask- Apply mask*) dans ENVI 5.3. Le même processus a été répété sur chaque image. Ce traitement était appliqué à toutes les images satellitaires.

Traitement de données satellitaires pour la collecte de données de terrain

Cette phase a été caractérisée par une suite d'opération de calcul d'indices biophysiques et d'amélioration d'images visant à extraire les types d'occupation du sol sur la base de leur réflectance. Le traitement des images a été d'abord appliqué à l'image la plus récente (Landsat 2020).

Calcul des indices Biophysiques

Le NDVI (indice différentiel de végétation normalisé), le BI (l'indice de brillance des sols) et le WI (indice d'humidité de surface) sont les indices biophysiques exploitées dans cette étude dans le but de discriminer l'occupation du sol en générale et particulièrement la végétation de mangrove par rapport à certains critères. Toney et al. (1999), affirment que ces indices ont pour but de donner des images dont les pixels mesurent les caractéristiques physiques et biologiques de la végétation. A cet effet l'indice différentiel de végétation normalisé (NDVI) a permis de mettre en évidence l'intensité photosynthétique traduite par la formule (1). Il varie de -1 pour des sols nus à +1 pour des sols couverts de végétation dense. Cet indice a permis de mettre

en évidence les forêts marécageuses et les peuplements de mangroves denses et bien conservés, les plantations d'hévéa et celles de palmiers à huile dans la périphérie du parc d'Azagny.

$$NDVI = \frac{PIR-R}{PIR+R} \quad (1)$$

L'indice de brillance des sols (BI) a permis de mettre en évidence la densité du peuplement donc de son recouvrement au sol à travers la formule (2) CRIST et CICONE, 1984. Cet indice est sensible à la brillance des sols, il a permis donc de discriminer les sols nus des autres typologies d'occupation de sol. $BI = (R^2 + PIR^2)^{1/2}$ (2)

L'Indice d'humidité de surface (WI) maximise la réflectance des surfaces humides. Cet indice va donc mettre par une réflectance élevée des surfaces d'eau libre, les surfaces colonisées par les hydrophytes, les formations végétales marécageuses (mangrove, forêts et savane marécageuses). Elle se traduit par la formule (3).

$$WI = \frac{PIR-MIR}{PIR+MIR} \quad (3)$$

Ces indices mettent en évidence de façon globale les caractéristiques physiques et biologiques de la végétation (N'Da, 2007)

Composition colorée

La composition colorée vise à tirer le maximum d'information de l'image et de rendre l'analyse et l'interprétation plus aisées Sarr (2009). Elle permet une meilleure discrimination entre les objets géographiques. Selon N'Da (2007), elle permet l'interprétation des cibles présentes sur l'image lorsqu'on connaît le comportement spectral des différents types d'occupation du sol. Pour cette étude les compositions colorées choisies étaient celles des bandes 4/8/10 pour Landsat-8 car ce sont elles qui présentaient une meilleure discrimination des types d'occupation du sol. Elle fait appel à trois canaux (Boussaada-Maabdi et al, 2017). Les compositions colorées 1/5/3 et 2/3/6 ont permis de mettre en évidence dans une gamme de couleurs variées les classes d'occupation du sol suivantes : les cultures pérennes (cocoteraies, palmeraies, hévéa), les jachères (jeunes et anciennes), les savanes incluses (littorales et guinéenne), les forêts

marécageuses, les mangroves, les cours d'eaux et les sols nus et localités.

Collecte des données de terrain

Sur la base des classes d'occupation du sol identifiées à l'étape précédente, un total de 100 points a été sélectionné pour être visité sur le terrain. Ainsi, la mission de terrain a permis de parcourir les points présélectionnés et de les décrire à l'aide d'un GPS. La description des types d'occupation s'est appuyée sur les critères que sont la structure du peuplement (structure verticale et horizontale du peuplement), la biologie du peuplement (les espèces prédominantes, le stade physiologique du peuplement surtout pour les parcelles agricoles) et l'écologie du peuplement (relief, sol, empreinte humaine). Au-delà des points (100) présélectionnés, 384 autres points, appelés points de contrôles ont été sélectionnés et géo-référencés sur le terrain pour servir à la validation des cartes produites.

Production de cartes d'occupation du sol par classification d'image

Sur la base des unités d'occupation du sol retenues, une classification dirigée par maximum de vraisemblance a abouti à la carte d'occupation/d'utilisation du sol de la zone d'étude. La méthode de classification adoptée dans le cadre de cette étude est celle de la Classification Orienté Pixels (COP) dans le logiciel *Envi*. Elle s'est faite en deux étapes : La première à consister à identifier les grands groupes d'occupations du sol à savoir : Les formations végétales, l'eau, les sols nus et les sites habités. La seconde étape a permis d'extraire les sous-unités par classification orientée pixel par la méthode de maximum de vraisemblance (N'Da et al., 2008) dans le logiciel *Envi*. Ces deux étapes de classifications ont été effectuées de façon similaire et les classifications obtenues au format raster ont été exportés dans le logiciel *ArcGis* pour des conversions au format vecteur. C'est ainsi que de proche en proche nous avons obtenues les cartes d'occupations du sol à partir des données Landsat 8 de 2020.

Evaluation et validation des cartes produites

Pour la validation de la classification, deux approches ont été appliquées. Il s'agit de la validation thématique qui a consisté à une

analyse comparative visuelle des compositions colorées de base qui ont permis de sélectionner les parcelles d'entraînement et de la carte d'occupation du sol produite. Une autre approche, plus statistique de la précision des traitements a consisté à l'élaboration puis à l'analyse de la matrice de confusion sur la base des points de contrôle. Cela a permis d'évaluer la capacité des images Landsat 8 de 2020 à discriminer les différentes classes de végétations retenues, et particulièrement les peuplements de mangroves. En effet, tout comme la sélection des parcelles d'entraînement, des parcelles de contrôles ont été digitalisées autour des points de contrôles. Au final, la matrice de confusion est générée par un croisement de données entre les données d'entraînement (la carte) et les données de contrôle. L'estimation de la qualité de la classification est indiquée par le coefficient kappa qui varie de 0 (mauvais résultat) à 1 (bon résultat). Un kappa de 0,75 signifie que 75% de la classification ne sont pas dus au hasard (Girard et Girard, 1999). Selon Skupinski et al. (2009) l'indice de Kappa caractérise le rapport entre les pixels bien classés et le total des pixels sondés. Une fois la classification validée, un filtre médian an 3*3 permet de réduire l'hétérogénéité intra classes par élimination des pixels isolés.

Production des cartes historiques à partir de 1988, 1998 et 2008

La production des cartes historique suit la même démarche que celle de la carte de 2020. La seule différence réside au niveau des parcelles d'entraînement et celles de contrôles. Pour les cartes historiques Landsat TM (1988), ETM+ (1998), et ETM+ (2008), seuls les points dits invariants ont été exploités pour les différents traitements de classification et de validation. A titre d'exemple, un point invariant entre 2020 et 2008 est un point qui n'a pas subi de mutation ou de changement

d'affectation des terres sur la période considérée 2008-2020.

Analyse des données cartographiques

Evaluation de la dynamique d'occupation du sol du site d'étude de 1988 à 2020

L'analyse des changements survenus sur toute la période d'étude a été faite par une matrice de détection des changements issue de la comparaison entre les cartes des deux dates (Girard et Girard, 1999). Par la suite, le taux de changement global (Tg) d'expansion spatiale a été calculé. Cette analyse s'est appuyée sur la dynamique spatio-temporelle des superficies des différentes classes obtenues sur l'ensemble du site et à l'intérieur de la zone d'étude. Elle a consisté à mettre en évidence l'avancée des activités anthropiques au détriment des mangroves. Cette évaluation s'est appuyée sur le taux de changement global effectué entre les années 1988 à 1998, entre 1998 et 2008, entre 2008 et 2020. Le Taux de changement global (Tg) permet d'estimer l'accroissement global (la proportion de gain ou de perte) des superficies des unités d'occupation du sol. Il a été calculé pour évaluer de façon spécifique la pression des actions anthropiques dans la zone périphérique du site RAMSAR d'Azagny entre 1988 et 2020. Le taux de changement global s'obtient à partir de la formule mathématique suivante :

$$Tg = [(S_2 - S_1) / S_1] \times 100$$

Où : Tg = Taux de changement global (%)
S₁ = Superficie de la classe à la date t₁ (date initiale)
; S₂ = Superficie de la classe à la date t₂ (date finale), et t₂ > t₁.

L'analyse des valeurs du taux de changement montre que les valeurs positives indiquent une "progression" et les valeurs négatives, une "régression". Les valeurs proches de zéro indiquent que la classe reste relativement "stable".

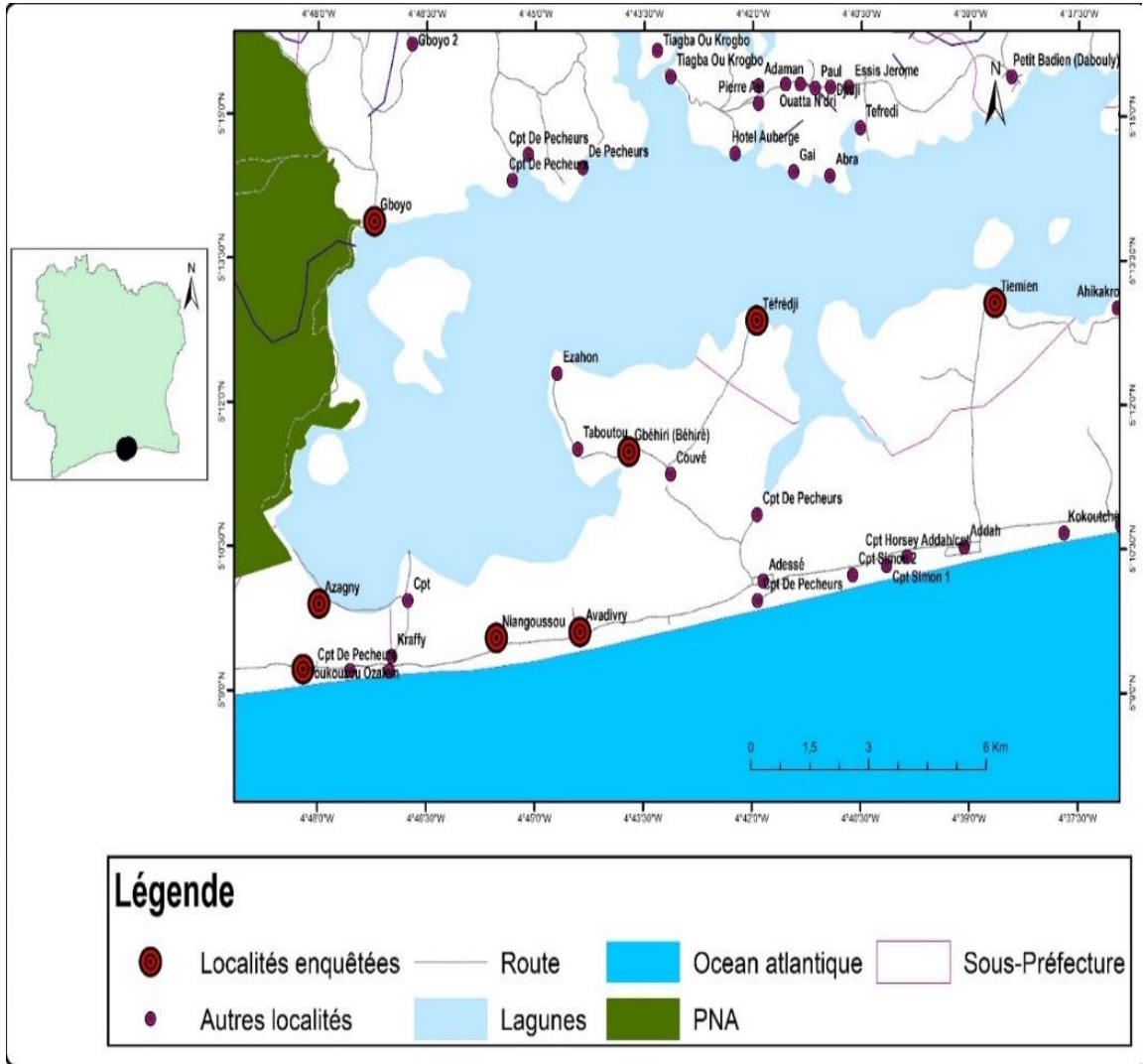


Figure 1: Carte de localisation de la zone d'étude (Bohoussou, Novembre, 2023).

Tableau 1: Données images Landsat utilisées pour la cartographie des mangroves.

Zone	n°	Date d'acquisition	Path/raw des scènes	Capteur	Résolution
	1	01/02/1988	196/56	LANDSAT 4 TM	30 m
	2	06/03/1998	196/56	LANDSAT 5 TM	30 m
Sud-est du Parc National d'Azagny	3	09/12/2008	196/56	LANDSAT ETM+	30 m
	4	30/01/2020	196/56	LANDSAT 8 OLI TIRS	30 m

RESULTATS

Dynamique de la mangrove du Sud-Est du PNA et sa zone périphérique de 1988 à 2020

La cartographie actualisée du site d'étude a été réalisée avec une précision globale de 87,55% à 91,25%. Neuf (9) classes d'occupation du sol ont été obtenues pour les quatre (4) images Landsat. Il s'agit des formations végétales naturelles qui sont les forêts, savanes et mangroves (FD=forêt dense, FM=forêt marécageuse ; FMD=forêt marécageuse dégradée ; SI=savane incluse sur sol marécageux ou non ; MG= Mangrove) Figure 2.

Analyse de la répartition spatiale des types d'occupation du sol de 1988 à 2020

Le Tableau 2 montre les superficies des différents types d'occupation du sol il en ressort qu'environ 36,46% des surfaces étaient occupées par des surfaces agricoles, tandis que seulement (15,6%) étaient pour les formations végétales naturelles (forêt, savanes et mangroves), 35,74% de surface en eau et 12,5% pour les sols nus et sites habités. Les figures (2, 3, 4 et 5) ci-dessous présentaient des aspects qualitatifs et quantitatifs sur les types d'occupations du sol du site RAMSAR.

Sur le plan qualitatif, on n'observait que le site RAMSAR d'Azagny était couvert de formations végétales naturelles (forêt, savane et mangrove). A la différence de la zone périphérique était couverte d'exploitations agricoles. Ainsi, les terres intérieures étaient occupées par de larges parcelles de palmeraie et d'hévéa, alors que la zone littorale était plutôt dominée par des cocoteraies. Quelques îlots de mangrove étaient également dans la zone périphérique. Le site RAMSAR était ainsi ceinturé par de vastes parcelles d'exploitation agricoles.

Au niveau quantitatif, les superficies des occupations des sols tels que les forêts denses et marécageuses, les savanes incluses marécageuses ou non, les mangroves, les mosaïques jachères cultures pérennes à dominance palmier à huile, et les plans d'eaux avaient baissé de 1988 à 2020. Ainsi les forêts denses marécageuses qui avaient une superficie de 7389 ha en 1988 sont passées à 317,7 ha en 2020. Concernant les savanes incluses

marécageuses ou non, 11714,04 ha ont été réduits à 882,07 ha en 2020. Ensuite les superficies de mangroves qui étaient de 3755,37 ha en 1988 ont considérablement été réduites à 458,37 ha en 2020. Quant aux mosaïques jachères cultures pérennes à dominance palmier à huile, 10153,8 ha en 1988 étaient passés à 2841,21ha en 2020. Enfin 60028,29 ha de plan d'eaux avaient également diminué de 60028,29 ha en 1988 à 52947,36 ha en 2020. Contrairement aux occupations du sol qui ont été cités ci-dessus, les sols nus et sites habités ont augmenté en superficie en passant de 11007,99 ha 1988 à 18000,72 ha en 2020.

Les mangroves ont reculé de 31,73% entre 1988 et 2020. Or l'année 1988-1998, a été marquée par une augmentation de 11% des surfaces de mangrove (3755,37 ha à 4894,83 ha). Contrairement à l'année 1988-1998, une perte drastique des mangroves a été observée de 1998 à 2008 avec une superficie qui était estimé de 4894,83 ha à 1281,78 ha. Enfin de 2008 à 2020 les superficies de mangrove ont diminué de 7,92% en passant de (1281,78 ha à 458,37 ha) Figure 6.

Impact des pressions anthropiques sur les mutations de l'occupation du sol

Taux de changement des types d'occupation du sol

La Figure 7 montre l'évolution temporelle des changements des unités d'occupation du sol entre l'année 1988-1998, l'année 1998-2008 et entre l'année 2008-2020. Nous avons constaté que les classes de mosaïques jachères cultures pérennes à dominance d'hévéa et cocoteraie, forêt marécageuse et sols nus et habitats ont connu une augmentation de leur superficie durant l'année 1988 à 2020. Contrairement aux formations végétales naturelles (les forêts denses, forêts marécageuses, savane incluse marécageuse ou non, mosaïque jachères cultures annuelles et les mangroves) ont connu une perte de leur superficie au détriment des cultures pérennes. La Figure 4 nous montre que de 2008 à 2020, 41% de mangroves ont mutées en forêt marécageuse dégradée. Concernant l'année 1988 à 2020, 8,53% superficie de mangroves sont devenues habitats sol nus

contrairement aux mangroves qui sont devenues 6% de plans d'eau de 1998 à 2008.

Evaluation quantitative de la dynamique des mangroves par la matrice de transition

Les matrices de transition ont permis de mettre en évidence les changements survenus sur toute la période de notre étude. Ces changements ont été déterminés sur quatre (4) périodes qu'étaient:

1988-1998, 1998-2008, 2008-2020 et 1988-2020. A travers ces matrices nous constatons que les formations végétales naturelles (Forêt dense, Forêt marécageuse, mangrove) ont diminué pour laisser place aux formations végétales artificielles (Cultures annuelles, jachères, Localités). Ces mutations sont des pertes de formations végétales naturelles.

De 1988 à 1998, 95,65% des formations naturelles sont devenues des jachères, cultures annuelles et pérennes. Seulement 4,35% de forêt dense (FD) sont restés intactes. Par contre les plus importantes superficies perdues des forêts denses ont été observé. 22,44% de superficies perdue au profit des forêts marécageuses dégradées (FMD) et 50,4% de forêt dense qui sont devenues jachères et cultures pérennes. L'année de 1998 à 2008, a été marquée par une disparition des forêts denses au profit des jachères cultures annuelles et pérennes, les savanes incluses, et les forêts

marécageuses/ forêts dégradées. 36,66% de forêts denses ont été transformées en forêts marécageuses/ forêts dégradées. Aussi 52,93% de forêts denses ont été mutées en faveur des jachères, cultures pérennes et annuelles. Juste 0,84% de superficie de forêts denses ont conservé leurs superficies intactes. La période de 2008 à 2020, nous avons constaté que 4,19% de forêt marécageuse n'ont pas muté en une autre formation végétale. La perte a été observée majoritairement au profit des jachères et cultures pérennes (88,48%). Les mangroves quant à elles, 41,77% ont disparu pour faire place aux forêts marécageuses dégradées. 8,48% se sont transformés en jachères cultures annuelles et pérennes ainsi que 8,48% sont devenues plan d'eau et habitat sol nus. La période allant de 1988 à 2020, les forts taux de stabilité ont été observées au niveau des jachères et cultures pérennes ainsi que les plans d'eau. A cet effet nous avons obtenu 83,29% et 85,30% de jachères, cultures pérennes et plan d'eau. Seules les forêts denses, forêts marécageuses et mangroves ont été fortement détruites avec des superficies respectives de 1,33%, 5,34%, 8,16% pour les mangroves au détriment des jachères, cultures annuelles et pérennes et forêts marécageuses dégradées. Ces résultats montrent que les mangroves dans le sud-est du Parc national d'Azagny sont menacées par les activités anthropiques.

Tableau 2: Evolution des surfaces des types d'occupation de sol de 1988 à 2020.

OCS	1988	1998	2008	2020
FD	7389	2153,07	770,04	317,7
FM	11714,04	3861,54	5190,03	882,07
FMD	6058	14420,43	10582,03	11584,17
SI	12763,62	7186,5	6926,13	9901,89
MG	3755,37	4894,83	1281,78	458,37
MJCPP	10153,8	16116,84	9103,41	2841,21
MJCPHC	25239,15	34561,26	45684	51176,34
HSN	11007,99	4086,27	9438,39	18000,72
PE	60028,29	60829,11	59133,69	52947,36
TOTAL	148109,26	148109,85	148109,5	148109,83

FD=forêt dense, FM=forêt marécageuse ; FMD=forêt marécageuse dégradée ; SI=savane incluse sur sol marécageux ou non ; MG= Mangrove; MJCPP=mosaïque jachères cultures pérennes à dominance palmier à huile; MJCPHC= mosaïque jachères cultures pérennes à dominance de hévéa, cocoteraie et cultures annuelles; HSN= Habitats sols nus; PE=plan OCS : Occupation du sol.

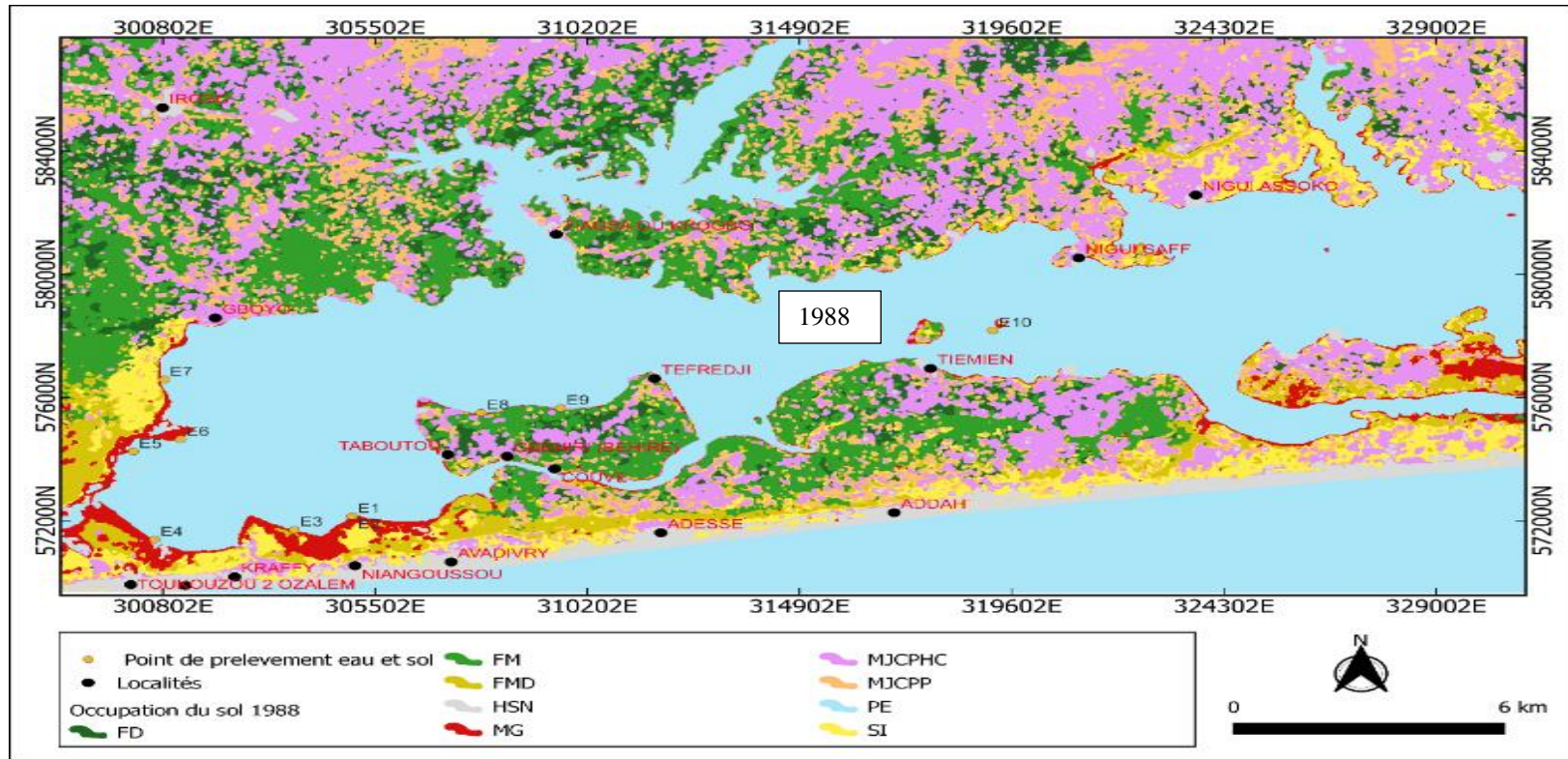


Figure 2 : Carte de la dynamique de l'occupation du sol de l'année 1988 du Sud-est du PNA à partir de l'image Landsat 4 TM.

FD=forêt dense, FM=forêt marécageuse ; FMD=forêt marécageuse dégradée ; SI=savane incluse sur sol marécageux ou non ; MG= Mangrove; MJCPP=mosaïque jachères cultures pérennes à dominance palmier à huile; MJCPHC= mosaïque jachères cultures pérennes à dominance de hévéa, cocoteraie et cultures annuelles; HSN= Habitats sols nus; PE=plan d'eau
 PNA : Parc National d'Azagny

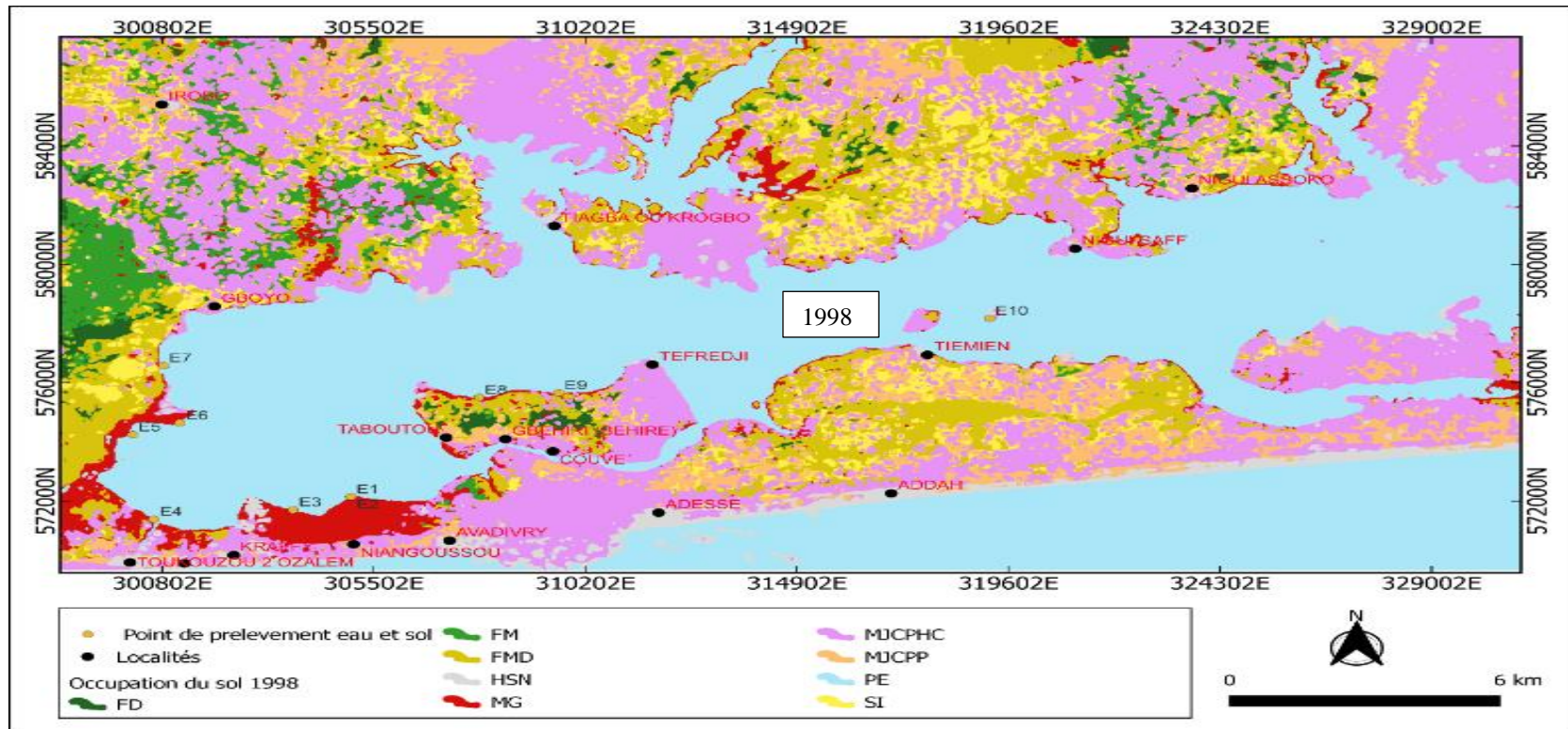


Figure 3 : Carte de la dynamique de l'occupation du sol de l'année 1998 du Sud-est du PNA à partir de l'image Landsat 5 TM.

FD=forêt dense, FM=forêt marécageuse ; FMD=forêt marécageuse dégradée ; SI=savane incluse sur sol marécageux ou non ; MG= Mangrove; MJCPHC= mosaïque jachères cultures pérennes à dominance de hévéa, cocoteraie et cultures annuelles; HSN= Habitats sols nus; PE=plan PNA : Parc National d'Azagny.

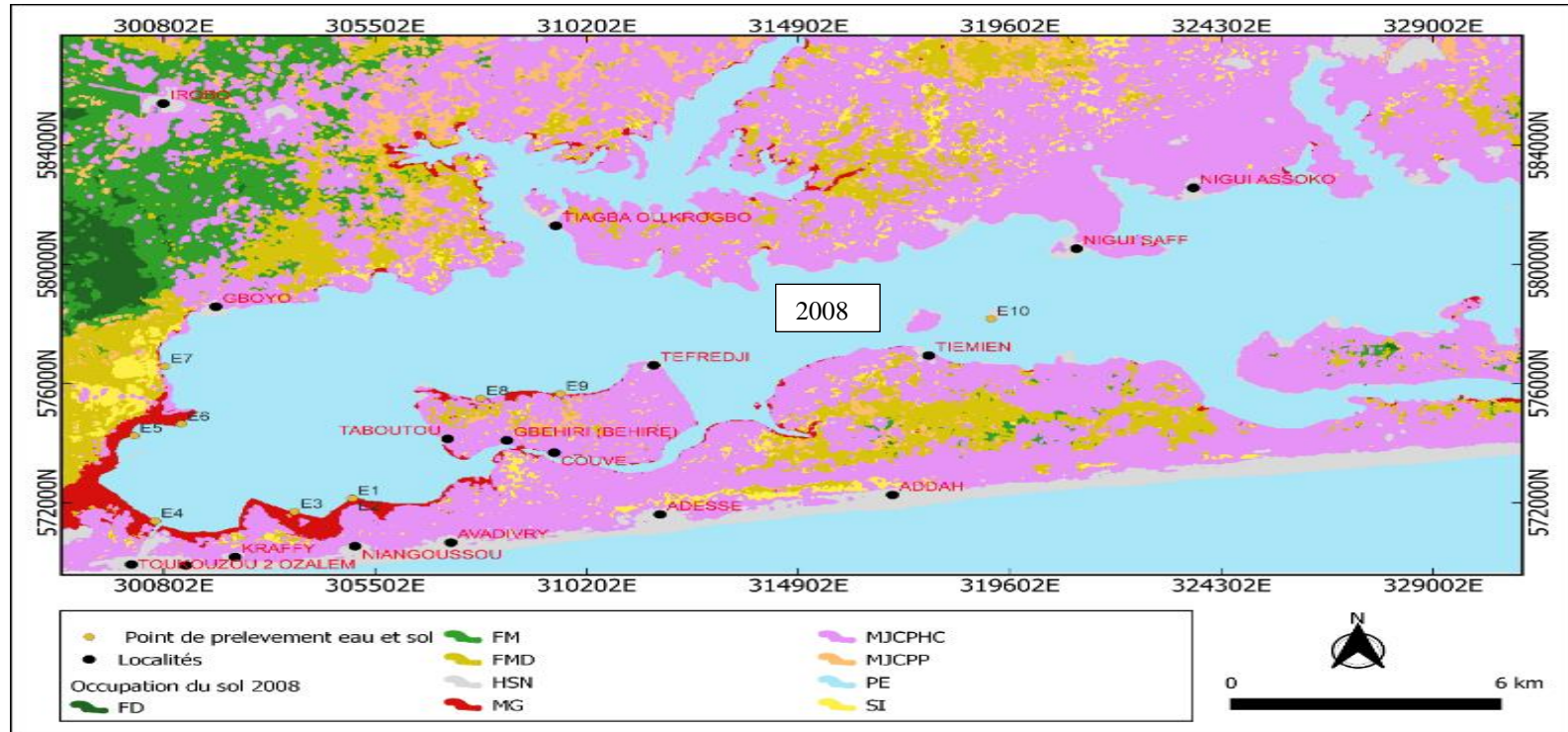


Figure 4 : Carte de la dynamique de l'occupation du sol de l'année 2008 du Sud-est du PNA à partir de l'image Landsat ETM+.

FD=forêt dense, FM=forêt marécageuse; FMD=forêt marécageuse dégradée; SI=savane incluse sur sol marécageux ou non ; MG= Mangrove; MJCPP=mosaïque jachères cultures pérennes à dominance palmier à huile; MJCPHC= mosaïque jachères cultures pérennes à dominance de hévéa, cocoteraie et cultures annuelles; HSN= Habitats sols nus; PE=plain
 PNA : Parc National d'Azagny

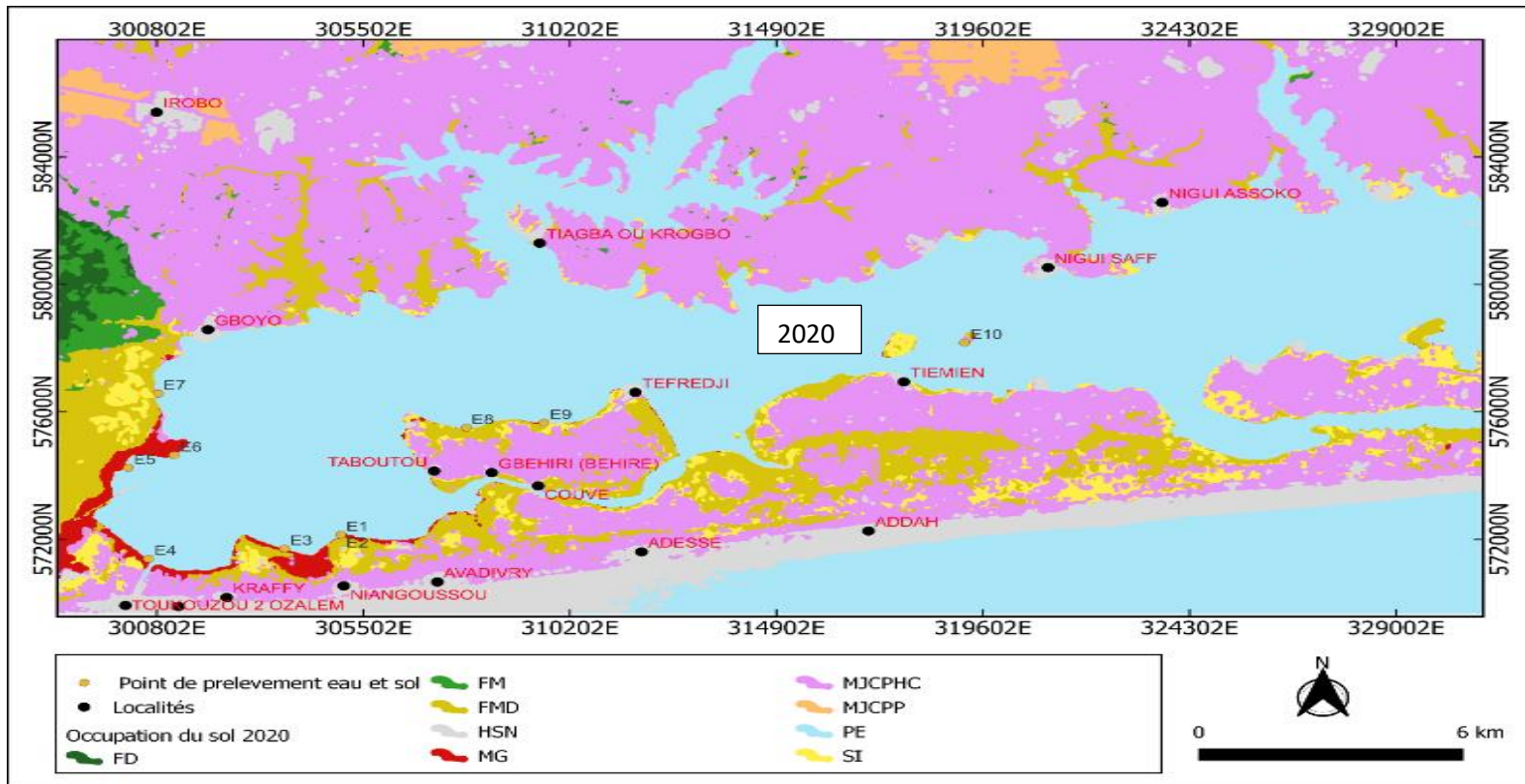


Figure 5 : Carte actualisé de l'occupation du sol de 2020 de la zone Sud-est du PNA à partir de l'image Landsat-8.

FD=forêt dense, FM=forêt marécageuse ; FMD=forêt marécageuse dégradée ; SI=savane incluse sur sol marécageux ou non ; MG= Mangrove; MJCPHC= mosaïque jachères cultures pérennes à dominance de hévéa, cocoteraie et cultures annuelles; HSN= Habitats sols nus; PE=plan
 PNA : Parc National d'Azagny

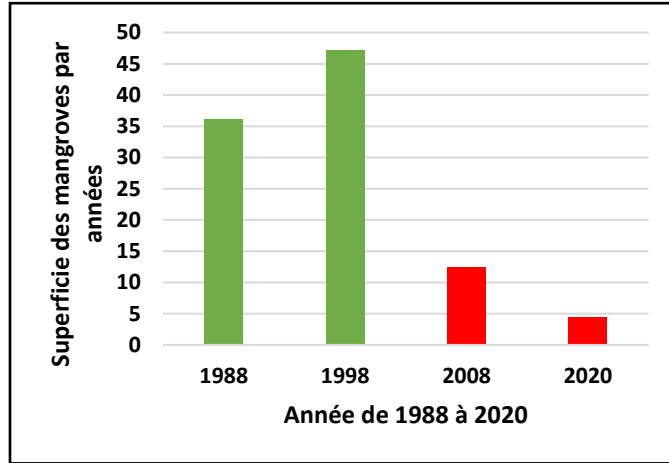


Figure 6: Histogramme d'évolution des superficies de mangrove de 1988 à 2020.

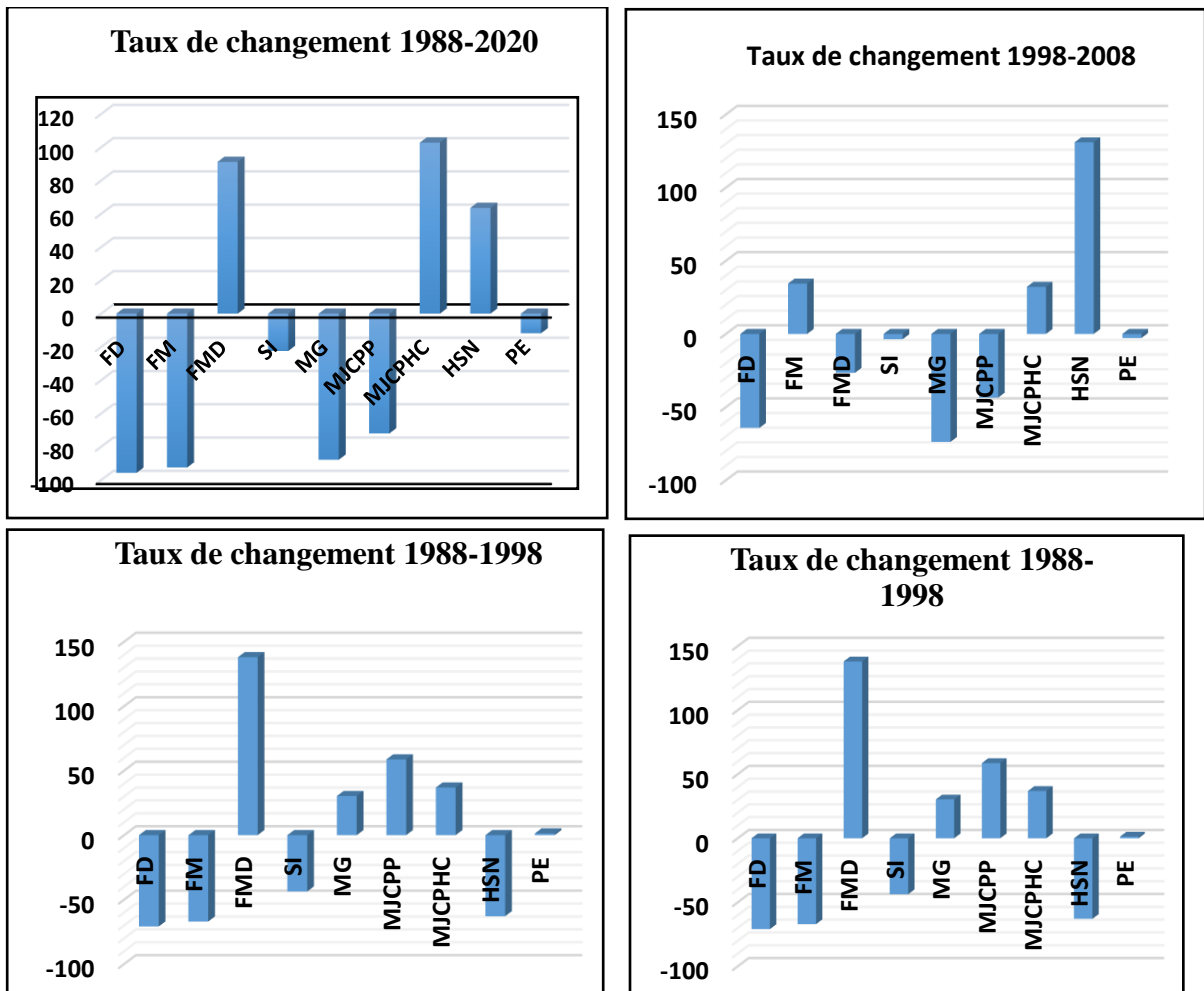


Figure 7: Taux de changement effectué dans la zone d'étude entre 1988 et 1998, entre 1998 et 2008 et entre 2008 et 2020 (Source: dynamique OCS Landsat). OCS : Occupation du Sol.

DISCUSSION

Les résultats de la dynamique des peuplements de mangrove ont montré que l'occupation du sol du site d'étude a été cartographiée avec des précisions variant de 87,55 à 91,25%. Nos résultats sont similaires à ceux de (Aka et al, 2022) qui ont trouvé dans l'étude sur l'évaluation des impacts agricoles du site RAMSAR d'Azagny des précisions variant de 82,41% à 88,21%. Le coefficient de Kappa obtenu varie également de 82,95% à 88,77%. Selon (Zhang et al., 2023), en télédétection, une classification est jugée acceptable lorsque la valeur du coefficient kappa est supérieure à 75. Il résulte donc que les résultats de cette analyse sont statistiquement acceptables.

La précision globale la plus faible des quatre (4) images Landsat traitées est celle de 2020. Cette situation pourrait s'expliquer par le caractère hétérogène de la zone, suite aux pressions anthropiques. En effet, pendant que dans la zone sud, les cocoteraies représentent l'essentiel de l'exploitation agricole, dans la moitié nord, il y a une mosaïque de cultures de palmeraies et l'hévéa qui présentent différents faciès en fonction de l'âge, de l'entretien et caractère industriel ou non. Cela serait dû également aux grandes confusions enregistrées entre les classes de forêts denses et forêts marécageuses, et les mosaïques jachères de cultures pérennes à dominance d'hévéa, cocoteraie et cultures annuelles. Aussi, elle peut s'expliquer par des confusions entre les savanes incluses et mosaïques jachères cultures pérennes dominance d'hévéa, cocoteraie et cultures annuelles avec savanes incluses et habitats sols nus. Quant à la confusion savanes incluses sols nus habitats, elle s'explique par le fait qu'à cette période, les savanes étaient constamment brûlées pour la chasse et donc, elles prennent la réflectance de sols nus. La baisse de précisions cartographiques qui explique par l'hétérogénéité de la zone d'étude concorde avec les résultats de N'Da (2007).

Les surfaces de mosaïques jachères cultures pérennes à dominance palmier à huile (MJCPP) ont diminué de 1988 à 2020 au profit des mosaïques jachères cultures pérennes à dominance d'hévéa, cocoteraie et cultures

annuelles (MJCPHC), car dans ces dernières années en Côte d'Ivoire, la majorité des agriculteurs cultivent beaucoup l'hévéa ces dernières années. L'analyse globale de la dynamique des transitions effectuées a montré que les formations végétales naturelles diminuent pour laisser place aux cultures pérennes. Ce constat est plus perceptible à l'extérieur du site (zone périphérique), que dans le site RAMSAR. Ces mutations sont dues à l'avancée des cultures pérennes (Aka et al, 2022). Aussi, la croissance démographique est aussi à la base de l'augmentation des formations végétales artificielles. Les différentes transformations sont justifiées par le taux de changement calculé au niveau de chaque pas de temps.

Certes des mutations ont été effectuées au niveau de chaque unité d'occupation du sol, mais certaines classes sont restées plus ou moins stables comme l'eau, d'autres ont régressé comme les forêts et mangroves. Certaines occupations du sol ont augmenté tels que les sols nus et habitats, les différentes formations industrielles. Ces mutations des unités d'occupation du sol pourraient s'expliquer par l'explosion démographique, la mise en culture des jachères et l'extension des zones de cultures et des bâtis (Kpedenou et al, 2016).

La mangrove a augmenté progressivement en superficie en deux dernières décennies au niveau du site RAMSAR d'Azagny parce qu'elle est sous haute surveillance par les agents de l'OIPR et le site est difficilement accessible car entouré d'eau. Les mangroves au niveau de Nianguoussou sont toujours denses sur la carte malgré son état de dégradation ces deux dernières décennies pour deux (2) raisons qu'on pourrait évoquer. Le bord de la lagune Ebrié est éloigné des localités de Nianguoussou, Kraffi, et Avadivry, en plus, les jeunes de ces localités préfèrent pratiquer la pêche en mer, ce qui a un impact positif sur les racines des mangroves. Aussi, à Nianguoussou, il y a des mangroves qui se situent très loin de l'eau dans les endroits marécageux et dans des parcelles de champs de certaine famille.

La superficie des mangroves a considérablement baissé de 1988 à 2020 en passant de 3755,37 ha à 458,37 ha. Cela s'est observé par la diminution progressive de la taille des peuplements de mangroves depuis Toukouzou jusqu'à Avadivry ces deux dernières décennies pourrait s'expliquer par le fait que les activités humaines ont contribué à sa disparition progressive (Egnakou et al., 2023). Ces auteurs ont affirmé dans leur étude que les multiples usages des mangroves du complexe lagunaire de Grand-Lahou ont entraîné sa détérioration. Aussi, le bois de *Rhizophora racemosa* est la principale composante des mangroves du complexe lagunaire de Grand-Lahou fait l'objet d'une exploitation intensive.

Le prélèvement de tiges de palétuviers observé confirme cette agression. En effet, ces tiges sont utilisées pour pratiquer "l'Akadja" en lagune (Bohoussou, 2017).

Nos résultats corroborent à ceux de (Tendeng et al., 2010) qui ont trouvé dans leur étude sur la "Dynamique de la mangrove du marigot de Bignona autour du barrage d'Affiniam (Casamance, Sénégal)" que les superficies de mangrove ont connu un recul important en passant de 4203,99 ha en 1986 à 1867,68 ha en 2010.

La carte historique montre que dans les années 1988 la mangrove existait à Tiémien et Téffréddji et s'est étendue progressivement au niveau de l'île deblay en 1998. Le fait qu'elles disparaissent ces deux dernières décennies pourrait s'expliquer de la manière suivante. : Les fines touffes qui sont restées n'ont pas pu être discriminées par les capteurs Landsat qui a une résolution spatiale de 30 m (N'Da et al., 2019). A Téffréddji le dragage de la lagune a entraîné la disparition des palétuviers dans cette localité, de même de Taboutou à Téffréddji on assiste à une forte présence de peuplement d'*Acrostichum aureum* au détriment des mangroves qui serait un facteur inhibiteur pour les mangroves (Badji, 2017). Les principaux facteurs de dégradation sont parfois la pollution des eaux ; le comblement des lacs ; la modification du régime hydrologique et sédimentologique ; la destruction des habitats des espèces halieutiques et autres organismes

aquatiques ; la déforestation des berges et des bassins versants (Badahoui, 2010). Aussi les phénomènes naturels tels que la présence excessive de pétrole dans la zone, les vents violents et la qualité du sol pourraient être un facteur de dégradation des mangroves selon les réponses des enquêtés (Bohoussou et al., 2022).

Conclusion

La présente étude a été réalisée dans la zone Sud-Est du Parc Nationale d'Azagny dans le but de contribuer à la gestion durable des écosystèmes de mangrove par un essai de reboisement. L'approche méthodologique adoptée au cours de cette étude a permis de montrer que : La dynamique des mangroves dans la zone sud-est du PNA a été cartographiée à partir des images Landsat. A cet effet neuf (09) classes ont été obtenues. Il ressort à travers les cartes (TM de 1988, ETM+ de 1998, de 2008 et OLI de 2020) que les formations végétales naturelles que sont les forêts, les savanes et mangroves ont régressé au profit des formations végétales anthropisées. Les superficies de la mangrove ont considérablement baissé en passant de 36,14 % en 1988 à 4,41% en 2020 sous pression anthropique.

CONFLITS D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'ils n'ont pas de conflit d'intérêts.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

Les auteurs ci-dessous ont participé de diverses manières à la conception de cet article. La conception de la méthodologie et du choix des sites d'étude ont été effectués sur la supervision de DNH, investigateur principal. La collecte de données terrain a été effectuée avec l'aide de AKSR et KNJ. Les traitements des données ont été faits avec l'aide de NKKN et GMK et AKSR. La correction du manuscrit a été réalisée avec la collaboration de DNH, NKKN.

REMERCIEMENTS

Cet article, a été rendue possible grâce au Dr DIBI N'Da mon Directeur de Recherche

et toute son équipe de recherche. Nos remerciements vont également à l'endroit de M. WAMIEN Binger et KOUAME N'Dri Pascal d'avoir facilité notre accès au Parc National d'Azagny. Nos remerciements vont également à l'endroit de feu Monsieur ASSI Jean du Centre National de Floristique pour l'accompagnement sur le terrain et l'aide à l'identification des espèces végétales.

REFERENCES

- Ajonina GN, Dibong SD, Seth R. E, Gah-Muti Y, Ndinga NE, Nkomba A. 2015. Revenus économiques et pollution écosystémique liés au transport des personnes et des biens traversant les mangroves de l'estuaire du Wouri (Douala, Cameroun). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **9**(4): 1851-1862. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i4.11>
- Aka KSR, Dibi NH, Koffi NJ, Bohoussou CN. 2022. Land cover dynamics and assessment of the impacts of agricultural pressures on wetlands based on earth observation data: case of the Azagny Ramsar site in southern Côte d'Ivoire. *J. Geoscience Environ. Prot.*, **10** (05): 43–61. DOI: 10.4236/gep.2022.105004
- Badahoui, Fiogbe DE, Boko M. 2010. Les causes de la dégradation du lac Ahémé et ses chenaux Amoussa. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **4**(4): 882-897. DOI: 10.4314/ijbcs.v4i4.62971
- Badji O. 2017. Caractérisation et essai d'évaluation du potentiel de stockage du carbone de *rhizophora racemosa* g. mey. dans les peuplements de mangroves : cas d'Anna et d'Eloka-to (sud-est de la Côte d'Ivoire). Mémoire de Master, UFR Biosciences, Université Felix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire 56p.
- Bohoussou CN. 2017. Cartographie et caractérisation des écosystèmes de mangrove à partir des Images Spot 6 dans la zone Sud-Est du Parc National d'Azagny. Mémoire de Master, UFR Biosciences, Université Felix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 66p.
- Bohoussou CN, Dibi NH, Bali Birba JJ. 2022. Durabilité des Peuplements de Mangrove au Large de la Lagune Ebrié dans les Sous-préfectures de Toukougou, Jacquville et Attoutou (Sud de la Côte d'Ivoire). *European Scientific Journal*, **18**(30): 155. DOI: <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n30p155>
- Boussaada-Maabdi N, Bousnoubra-Kherici H, Kherici N, Hammad N. 2017. Mapping of Land-Cover from Remotely Sensed Images in the Valley of Oued Righ (Algerian Southeast). *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, **9**: 696-712. DOI: <https://doi.org/10.4314/jfas.v9i2.6>
- Crist EP, Cicone RC. 1984. Application of the Tasseled Cap Concept to Simulated Thematic Mapper Data (10 p). Environmental Research Institute of Michigan.
- Egnankou WM, Gnagbo A, Pagny JPF, Tiebre MS. 2023. Gestion durable des mangroves du complexe lagunaire de Grand-Lahou (Côte d'Ivoire) dans un contexte de pressions anthropiques. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **17**(2): 505-518. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v17i2.17>
- FAO. 2007. The World's Mangroves 1980-2005. FAO Forestry Paper No. 153. Rome, Forest Resources Division, FAO. p 77.
- FAO. 2005. The world's mangroves 1980 - 2005: a thematic study prepared in the framework of the Global Forest Resources Assessment 2005 (Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations).
- Folega F, Rakotondrasoa MA, Wala K, Woegan YA, Kanda M, Pereki H, Polo-Akpiisso A, Batawila K, Akpagana K. 2017. Écologie et dynamique spatio-temporelle des mangroves au Togo. *Vertigo* – la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne], **17**(3) | décembre 2017, mis en ligne le 15 décembre 2017, consulté le 02 avril 2018.
- Garg JK. 2015. Wetland Assessment, Monitoring and Management in India

- Using Geospatial Techniques. *Journal of Environmental Management*, **148** : 112-123. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.12.018>
- Girard MC, Girard C. 1999. *Traitement des Données de Télédétection*. DUNOD : Paris ; 511p.
- Kpedenou KD, Drabo O, Ouoba AP, Dapola CED, Tanzidani TKT. 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. *Cahiers du Cerleshs*, **31** (55) : 203-228.
- Laugnie F. 2007. *Conservation de la Nature et des Aires Protégées en Côte d'Ivoire*. NEI/Hachette et Afrique Nature : Abidjan (Côte d'Ivoire) ; 668 p.
- N'Da DH, Kouassi K, Tra Bi BF, Konan KS, Bohoussou CN. 2019. Apport de l'imagerie satellitaire SPOT dans la gestion durable des écosystèmes de mangroves de Toukouzou- Hozalem, départements de Grand-Lahou et Jacqueville, Sud de la Côte d'Ivoire. Communication dans un congrès OSFACO : Des images satellites pour la gestion durable des territoires en Afrique, Mars 2019, Cotonou, Bénin. 14P.
- N'Da DH, N'guessan KE, Waddja EM, Affian K. 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'DA DH. 2007. Etude et suivi par télédétection et système d'information géographique d'une aire protégée soumise aux pressions anthropiques : Cas du Parc National de la Marahoué, Thèse de télédétection, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 139 p.
- Sarr M. 2009. Étude de la contribution de l'écosystème mangrove à l'orientation des revenus des ménages de Palmarin. Mémoire d'Ingénieur, Université polytechnique de Thiès, Sénégal, 60 p.
- Sharifi A. 2018. Estimation of biophysical parameters in wheat crops in Golestan province using ultra-high resolution images. *Remote Sens. Lett.*, **9**(6): 559–568. DOI: 10.1080/2150704X.2018.1452058
- Skupinski G, Binh Tran D, Weber C. 2009. Les images satellites Spot multi-dates et la métrique spatiale dans l'étude du changement urbain et suburbain—Le cas de la basse vallée de la Bruche (Bas-Rhin, France). *Cybergeo: European Journal of Geography*, **439** : 95 p.
- Tendeng M, N'Dour N, Sambou B, Diatta M, Aouata A. 2016. Dynamique de la mangrove du marigot de Bignona autour du barrage d'Affiniam (Casamance, Sénégal). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **10**(2): 666-680. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i2.18>
- Tonye E, Akono A, Ndi Nyongui A, Nlend C, Rudant JP. 1999. Cartographie de la Ligne de Rivage par Analyse Texturale d'Images Radar à Synthèse d'Ouverture de ERS-1 et de E-SAR. *Télédétection, Gordon and Breach Publishers*, **00** : 1-21.
- Zhang S, Yang J, Leng P, Ma Y, Wang H, Song Q. 2023. Altered bile acid metabolism in skin tissues in response to ionizing radiation: deoxycholic acid (DCA) as a novel treatment for radiogenic skin injury. *Int. J. Remote Sens.*, **2023** : 1–16. DOI: 10.1080/09553002.2023.2245461.