

La zone humide de Grand-Bassam face aux enjeux fonciers et aux besoins d'extension de la métropole abidjanaise

Grand-Bassam wetland facing land issues and the needs for extension of the Abidjan metropolis

¹SYLLA Daouda et ²AKADJE-KONAN Léocadie Marie-Claude

Résumé

La zone humide Ramsar de Grand-Bassam est une zone à forts potentiels écologiques. Espace complexe et fragile, ce territoire est alimenté par un système fluvio-lagunaire dense formant le plus vaste estuaire du littoral ivoirien. Toutefois, sa proximité avec la métropole abidjanaise qui connaît une croissance rapide entraîne inévitablement des pressions et une concurrence sur la terre. Cette expansion urbaine grignote progressivement l'espace naturel périphérique. La présente étude a pour objectif d'évaluer sur une période de 20 années, l'ensemble des transformations spatiales dans la partie sud de la zone humide Ramsar de Grand-Bassam et de proposer une fine cartographie des changements d'occupation et d'utilisation du sol. Pour ce faire, une approche méthodologique reposant sur l'analyse diachronique de trois cartes d'occupation et d'utilisation du sol (2000, 2016 et 2020) est mise en œuvre à travers une approche de classification avec l'algorithme *Random Forest* du logiciel R. Les cartes résultantes dont les précisions globales sont satisfaisantes (87,38 % ; 88,18 % et 89,77 % pour les dates de 2000 ; 2016 et 2020) indiquent une anthropisation de plus en plus importante de la zone étudiée, avec la conversion des terres en zones résidentielles et sol nu au détriment des formations naturelles : 27,42 % en 2000 contre 43,71 % en 2020.

Mots clés : Grand-Bassam, Sud de la zone humide Ramsar, Pressions anthropiques, Random Forest, Occupation et Utilisation du sol

Abstract

The Grand-Bassam Ramsar wetland is an area with high ecological potential. A complex and fragile area, this territory is fed by a dense river-lagoon system forming the largest estuary on the Ivorian coast. However, its proximity to the Abidjan metropolis which is experiencing rapid growth inevitably leads to pressure and competition on land. This urban expansion is gradually eating away at the peripheral natural space. The present study aims to evaluate over a period of 20 years, all the spatial transformations in the southern part of the Ramsar wetland of Grand-Bassam and to propose a fine mapping of the changes in land cover and land use. To do this, a methodological approach based on the diachronic analysis of three maps of land cover and land use (2000, 2016 and 2020) is implemented through a classification approach with the Random Forest algorithm of the software R. The resulting maps with satisfactory overall accuracy (87.38 %; 88.18 % and 89.77 % for the dates 2000; 2016 and 2020) indicate an increasingly significant anthropization of the area studied, with the conversion of land into residential areas and bare soil to the detriment of natural formations: 27.42 % in 2000 compared to 43.71 % in 2020.

Keywords: Grand-Bassam, South of the Ramsar wetland, Anthropogenic pressures, Random Forest, Land cover and Land use

Introduction

Les zones humides sont depuis plusieurs décennies parmi les écosystèmes les plus fragiles du monde, sensibles aux changements environnementaux et aux variations climatiques (IPCC, 2014). Or, ces zones humides sont d'une part, sous pression de la part des sociétés qui y vivent, qui les entourent et d'autre part, des sociétés plus lointaines dont les demandes diverses augmentent rapidement (A. ZARE, 2015, pp. 1-5). Plus encore, cet écosystème fragile est relativement rare et ne représente que seulement 2 %, soit 900 millions d'hectare de la surface terrestre du globe (W. G. BRAAKHEKKE et M. MARCHAND, 1987, p. 5).

En Côte d'Ivoire, de nombreuses études montrent que les zones humides sont soumises à des pressions et dégradations qui menacent de disparition les habitats écologiques et certaines espèces endémiques (Comité Ramsar, 2005, p.12 ; L. M-C. AKADJE *et al.*, 2014, p. 255). Plus spécifiquement, sur la zone humide Ramsar de Grand-Bassam déjà réduite en raison de sa proximité avec la métropole abidjanaise, des études récentes ont lancé l'alerte sur la nécessité d'une plus grande implication des autorités pour sa sauvegarde (B. FONTAINE *et al.*, 2011, pp. 85-86 ; C. HAUHOUOT *et al.*, 2011, p. 335 ; L. M-C. AKADJE, 2016, pp. 15-20).

En effet, les villes secondaires du Grand Abidjan dont fait partie Grand-Bassam, traversées par d'importantes voies de communication constituent des cibles privilégiées dans la quête d'espace à bâtir ; la métropole abidjanaise étant sans cesse en croissance spatiale par le grignotage plus ou moins planifié de vastes zones rurales (D. SYLLA, 2021, pp. 33-35). C'est donc à juste titre que la présente étude porte sur la partie sud de la zone humide Ramsar de Grand-Bassam qui, suivant certains travaux, subit d'importantes pressions qui menacent son intégrité et sont susceptibles, à terme, de compromettre son existence (S. KONE *et al.*, 2018, p. 18 ; L. M-C. AKADJE *et al.*, 2021, p. 111). Il s'agit à travers une analyse multi-temporelle (20 ans) d'appréhender l'ensemble des transformations spatiales dans cette zone et de proposer une fine cartographie des changements d'occupation et d'utilisation du sol. En l'état actuel des connaissances aucune étude ne permet d'évaluer objectivement l'ampleur de ces transformations.

1. Présentation de la zone d'étude

Ville côtière longeant le littoral ivoirien, en bordure de l'Océan atlantique, Grand-Bassam est située au Sud-est de la Côte d'Ivoire. Cette localité appartient à l'écosystème forestier de haute Guinée constitué de forêts sur terre ferme, de forêts marécageuses, de mangroves, de savanes côtières. Elle est alimentée par un système fluvio-lagunaire assez dense avec de

nombreuses lagunes ouvertes. Le territoire ainsi décrit, est une zone de grande importance écologique avec une grande diversité de milieux qui constituent des habitats privilégiés pour une faune et une flore, riches et diversifiées. Ce sont d'ailleurs, ces énormes potentialités qui ont valu à l'écosystème de Grand-Bassam d'être depuis 2005, inscrit sur la liste des sites de la Convention Ramsar ; traité international pour la conservation et l'utilisation durable des zones humides (RAMSAR, 1971, pp. 1-6). Toutefois, la croissance urbaine rapide que connaît la métropole abidjanaise s'accompagne d'une pression accrue sur les terres péri-urbaines. De 3 133 608 habitants en 1998, Abidjan compte aujourd'hui 6 321 017 habitants (INS, 2022, p. 6) et à compétence sur un territoire vaste de 431 063 ha dit le « Grand Abidjan » (MCLAU, 2015, p. 1). Cette situation engendre de façon générale, une pression importante sur les terres du site Ramsar de Grand-Bassam et plus particulièrement, sur sa partie sud en raison de la proximité avec la métropole abidjanaise (L. M-C. AKADJE *et al.*, 2021). Ici, se développent de nombreuses activités qui dégradent l'habitat naturel, et constituent une menace pour de nombreuses espèces fauniques et floristiques (D. RUSSI *et al.*, 2013, p. 3).

2. Matériels et méthode

2.1. Données utilisées

Évaluer objectivement l'ampleur de l'urbanisation et des fortes pressions sur la zone étudiée nécessite une cartographie multi-temporelle de l'occupation et de l'utilisation du sol. Pour ce faire, trois séries de données sont choisies : 1) Trois images optiques à savoir, une image Landsat ETM⁺ (Scène 195/56) du 2 février 2000 avec une résolution spatiale de 30 m et deux images Sentinel-2 respectivement des 6 janvier 2016 et 5 janvier 2020 avec une résolution spatiale de 10 m. Le choix de ces images a tenu compte de leur pertinence, leur disponibilité, leur accessibilité mais aussi leur bonne qualité radiométrique du fait de la faible couverture nuageuse. Bien souvent, la forte présence des nuages pendant l'hivernage réduit fortement le potentiel des données optiques à caractériser l'état des variables biophysiques. Aussi, le risque d'erreur de perception de la végétation en rapport avec l'influence environnementale est-il réduit puisque ces images ont été prises en saison sèche. Les images doivent aider à la cartographie et la détection des changements d'occupation et d'utilisation du sol ; 2) une carte numérique de l'occupation et l'utilisation du sol de Grand-Bassam, datant de 2013 et devant aider à l'identification et la reconnaissance des unités thématiques d'occupation et d'utilisation du sol et enfin, 3) des données terrain portant sur 95 Points de Contrôle au Sol (PCS) et décrivant l'occupation et l'utilisation du sol ont été collectées lors d'une campagne de terrain tenue en janvier-février 2021. Pour l'apprentissage et la validation, deux jeux de

données sont constitués à partir de ces données terrain (jeu d'apprentissage et jeu de validation) : 50 % des PCS sont intégrés comme jeu d'apprentissage et 50 % comme jeu de validation.

2.2. Méthodologie

Une série d'opérations de prétraitement a été effectuée sur l'ensemble des trois images satellitaires constituant la série temporelle disponible pour cette étude. Ces prétraitements sont réalisés afin de corriger la géométrie et la radiométrie et éliminer les effets des variables biophysiques. Les principales étapes de la correction radiométrique appliquée sur les images sont : le passage des comptes numériques en luminance ; la transformation des luminances en réflectances exo-atmosphériques et le passage des valeurs de réflectances exo-atmosphériques aux valeurs de réflectances au sol. Une correction géométrique est réalisée afin de rendre les images superposables les unes par rapport aux autres. Pour la présente étude, la précision des images rectifiées géométriquement est inférieure au pixel pour toutes les images, ce qui est satisfaisant (R. BILLEN *et al.*, 2000, p. 27 ; J. R. JENSEN, 2005, p. 125). Enfin, la correction géométrique est suivie d'une procédure de rééchantillonnage des pixels des images originelles. Le principe consiste à ramener l'image de plus faible résolution spatiale (Image Landsat ETM⁺ de 30 m) à l'image de référence (Images Sentinel-2 ; 10 m), c'est-à-dire celle ayant la résolution la plus fine par une multiplication de pixels. Cette image est alors corrigée géométriquement par une mise en correspondance avec l'image à haute résolution déjà rectifiée (F. MULLER *et al.* ; 2000, pp. 80-81).

Quant au traitement à proprement dit, il porte sur : 1) Une pré-classification des images sur la base des classes thématiques d'intérêt à savoir les Zones d'habitation, la Végétation et/ou Cultures, les Sols nus ou à Couvert végétal épars et les Plans d'eau ; 2) une collecte de données terrain ; 3) la classification des images par l'algorithme « *Random Forest* » du logiciel R (L. BREIMAN, 2001, pp. 7-9). Algorithme de classification non paramétrique, le *Random Forest* affecte chaque pixel à une classe thématique, en combinant l'algorithme d'arbres de décision et une technique d'agrégation (C. GRINAND *et al.*, 2013, p. 72 ; C. GRINAND, 2016, pp. 18-25). En se basant sur la règle d'arbres de décision, le *Random Forest* réduit considérablement les biais (T-N. DO *et al.*, 2009, p. 87) et est indiqué à cause de ses bonnes capacités pour la classification de l'occupation et de l'utilisation du sol (O. P. GISLASON *et al.*, 2006, p. 297 ; C. GRINAND *et al.*, 2013, pp. 70-75). La validation des classifications est réalisée à l'aide d'une matrice de transition et enfin 4) les différentes cartes d'occupation et d'utilisation du sol sont intégrées et analysées à travers un Système

d'Information Géographique (SIG). Pour ce faire, ces cartes sont converties en *mode vecteur* pour faciliter leur exploitation. Ainsi, une quantification des types d'occupation et d'utilisation du sol est faite. Elle porte sur le calcul des superficies et des taux d'accroissement des types d'occupation du sol. En définitive, une étude des changements ayant cours dans le milieu a été élaborée en croisant les données des différentes cartes à l'aide de l'outil de *géotraitement* « union ».

3. Résultats

L'approche méthodologique mise en œuvre a permis d'obtenir des résultats qui aident à comprendre et quantifier les différentes transformations dans l'occupation et l'utilisation du sol sur l'espace d'étude.

3.1. Cartographie de l'occupation du sol

Cette cartographie de l'occupation et de l'utilisation du sol suivant les quatre classes thématiques d'intérêt a été réalisée avec une précision globale de 87,38 % ; 88,18 % et 89,77 % pour les dates de 2000 ; 2016 et 2020 avec des coefficients kappa de 89 % ; 91 % et 92 %. Suivant les indications de J. R. G. PONTIUS (2000, p. 1013) et de W. WHITE *et al.* (2007, p. 2), relatives à la cartographie de l'occupation et de l'utilisation du sol, de tels résultats sont statistiquement acceptables. Le tableau 1 et la Figure 1 présentent les résultats statistiques de chaque état de surface.

Tableau 1 : Statistiques de l'occupation et de l'utilisation du sol (2000-2016-2020)

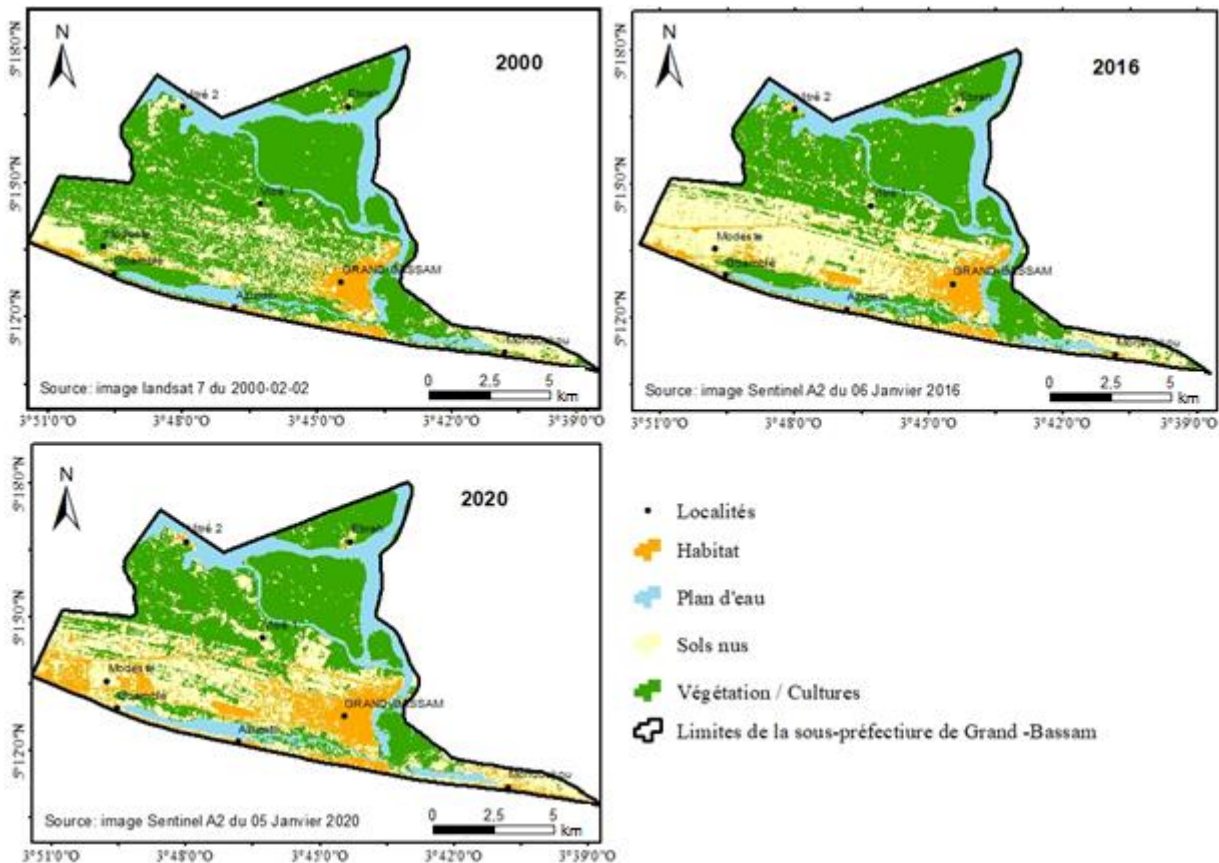
| Occupation du sol | Superficie de 2000 | | Superficie de 2016 | | Superficie de 2020 | |
|----------------------|--------------------|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|
| | (ha) | % | (ha) | % | (ha) | % |
| Habitat | 799 | 6,41 | 1164 | 9,34 | 1854 | 14,88 |
| Plan d'eau | 1742 | 13,97 | 1742 | 13,97 | 1756 | 14,08 |
| Sols nus | 2619 | 21,01 | 4007 | 32,14 | 3594 | 28,83 |
| Végétation/ Cultures | 7306 | 58,61 | 5553 | 44,55 | 5262 | 42,21 |
| Total | 12466 | 100 | 12466 | 100 | 12466 | 100 |

Source : Nos travaux 2021

L'analyse montre que la partie sud de la zone humide Ramsar de Grand-Bassam, objet de la présente étude occupe 124 466 ha de toute la zone Ramsar, avec une superficie de plan d'eau ne variant que très peu : 1742 ha en 2000 contre 1756 ha en 2020. Plus en détail, l'analyse des statistiques associées à ces trois cartes permet d'observer qu'à la date du 2 février 2000, la végétation occupe plus de 50 % du territoire d'étude soit 7 306 ha contre à peine 6,41 % dédié à l'habitat. Cette végétation se compose d'une part, de forêts de mangroves situées le long des

cours d'eau, des forêts marécageuses et des forêts denses humides situées au nord de la zone, de tourbières et de jachères. Et d'autre part, on y trouve des parcelles de cultures de rente et de cultures vivrières. Les sols nus couvrent 2 619 ha en 2000 et portent sur plus de 20 % du territoire. On les retrouve disséminés un peu partout dans la zone, avec toutefois, une plus grande superficie au Sud-est. À cette période, l'espace urbain n'occupe que 799 ha (6,41%) de toute la superficie.

Figures 1 : Cartes d'occupation et d'utilisation du sol (2000 ; 2016 et 2020)



La configuration de l'espace en 2016, avec la mise en service de l'autoroute qui relie Abidjan à Grand Bassam en traversant la partie sud de la zone humide Ramsar de Grand-Bassam a totalement changé, entraînant une reconfiguration du territoire (MCLAU, 2015, p. 9). Elle met en exergue une zone dont les surfaces de sol nu dans toute la partie Sud se sont renforcées avec une proportion de 32,14 % de l'espace pour 4007 ha. Il en est de même pour l'habitat qui a subi une légère croissance de ses espaces : 799 ha à 1164 ha en 2000. Quant aux zones de végétation et de cultures, leurs surfaces se réduisent et elles occupent désormais moins de la moitié de l'espace 44,55 % contre 58,61 % en 2000.

En 2020, les zones de végétation et cultures ont encore régressé pour atteindre 5262 ha, soit 42,21 % de l'espace d'étude. Il en est de même pour les sols nus dont les superficies ne

couvrent plus que 3 594 ha (28,33 %). Par contre, sur la même période, les zones d’habitat se renforcent fortement et atteignent 1854 ha soit 14,88 % de l’espace.

3.2. Dynamique de l’occupation du sol

De façon globale, il existe dans l’espace d’étude, deux types de zone. Ce sont les zones stables ; c’est-à-dire des zones qui n’ont subi aucun changement d’état de surface au cours de la période d’étude et les zones de changements. Ainsi, on note que de 2000 à 2016, plus de 75 % de l’espace d’étude sont restés stables, contre 24 % des superficies qui ont subi des modifications d’usage divers. Entre 2016 et 2020, les tendances précédemment observées, se conservent plus ou moins, avec toutefois une légère consolidation des surfaces stables (Tableau 2).

Tableau 2 : Dynamique de l’occupation du sol

| | Dynamique 2000-2016 | | Dynamique 2016-2020 | |
|-------------------|---------------------|-------|---------------------|-------|
| | (ha) | % | (ha) | % |
| Changements | 3024 | 24,26 | 2482 | 19,91 |
| Pas de changement | 9442 | 75,74 | 9984 | 80,09 |
| Total | 12466 | 100 | 12466 | 100 |

Source : Nos travaux 2021

De façon spécifique, la comparaison des états d’occupation et d’utilisation du sol de 2000, 2016 et 2020 donne une idée des mutations opérées dans les différents paysages (Tableau 3 et Figure 2).

Tableau 3 : Changement du type d’occupation du sol

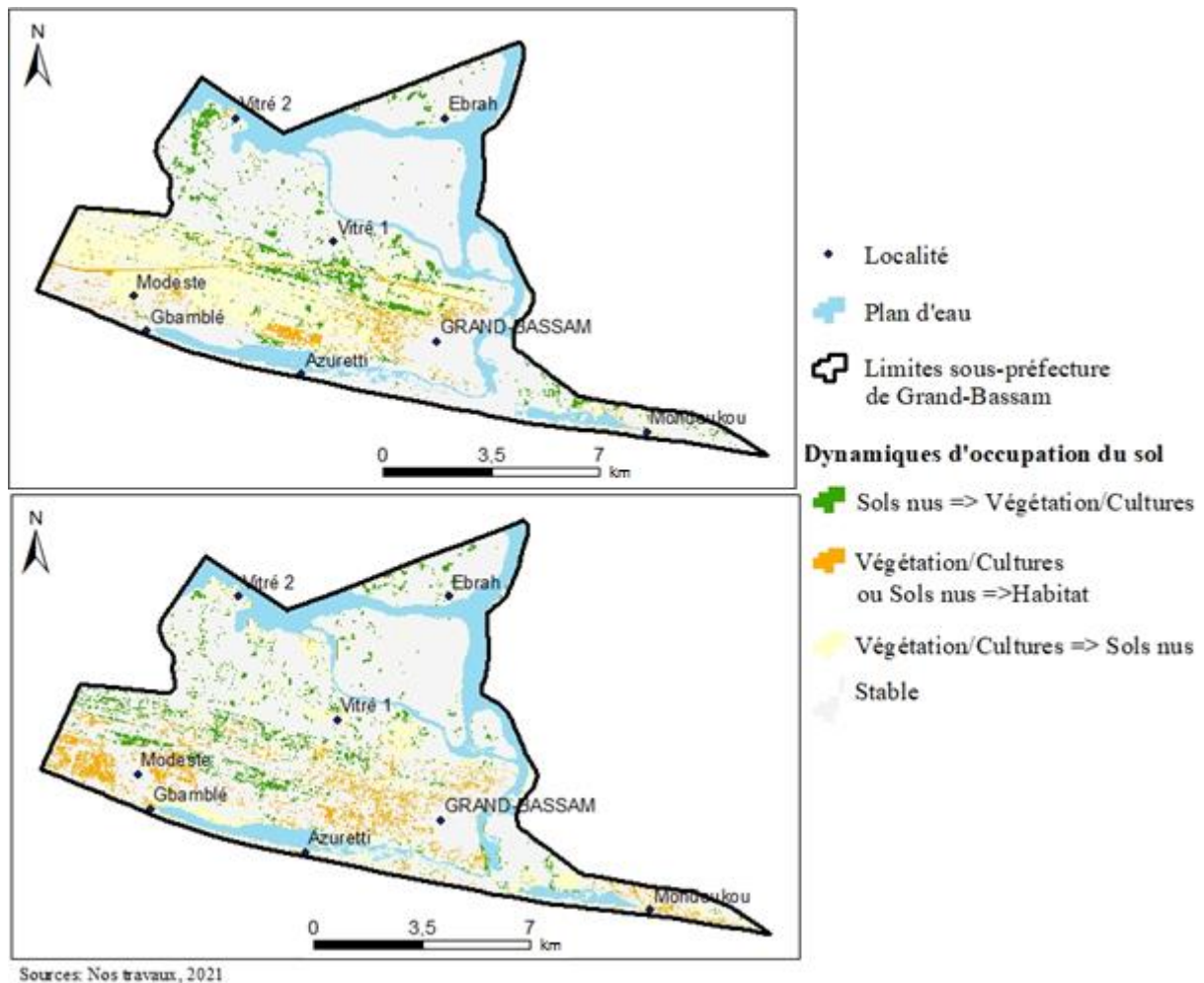
| | 2000-2016 | 2016-2020 |
|---------------------------------|-----------|-----------|
| Sols nus => Végétation/Cultures | 571 | 583 |
| Sols nus => Habitat | 254 | 655 |
| Végétation/Cultures => Sols nu | 1855 | 828 |
| Végétation/Cultures => Habitat | 112 | 34 |
| Stable | 9674 | 10366 |
| Total | 12466 | 12466 |

Source : Nos travaux 2021

Ces changements sont, soit des sols nus devenus des espaces végétalisés ou des zones d’habitat (environ 2 000 ha), soit des zones végétalisées converties en sols nus ou en habitats. Ils ont affecté plus de 2800 ha de surfaces végétalisées. En effet, les espaces de formations naturelles sont convertis en sols nus, pour l’agriculture ou directement pour la construction. Quant aux zones de cultures, elles sont transformées en sols nus pour être bâties.

Toutes ces transformations fragmentent ou détruisent la partie sud de la zone humide entraînant la réduction des habitats écologiques et la disparition de certaines espèces endémiques.

Figures 2 : Dynamique de l'occupation et de l'utilisation du sol (2000-2020)



4. Discussion

La cartographie de l'occupation et de l'utilisation du sol de la partie sud de la zone humide Ramsar de Grand-Bassam à l'aide de l'imagerie satellitale a permis de mettre en exergue les changements d'état de surface dans cet écosystème fragile. L'approche de classification par l'algorithme *Random Forest* du logiciel R (L. BREIMAN, 2001, pp. 7-9) a permis d'obtenir des résultats cartographiques soutenus par des précisions globales de 87,38 % ; 88,18 % et 89,77 % respectivement pour les classifications de 2000, 2016 et 2020. Suivant les travaux de K. E. KOUMAN (2021, pp. 62-65, 114-119) et certains auteurs (D. SYLLA *et al*, 2021, p. 25 ; E. CANO, 2016, p. 35) qui ont utilisé cette approche, lorsque les résultats cartographiques obtenus avec ce classificateur non paramétrique avoisinent une précision

globale de 80 % ; les résultats sont alors jugés acceptables. Par ailleurs, les résultats de cette étude indiquent que les formations végétales de la zone étudiée, sur la période de 2000-2020 sont marquées par une dynamique régressive. Ce constat est en accord avec les résultats de divers travaux qui mettent en exergue une réduction des zones végétalisées au profit des zones urbanisées respectivement dans la zone humide Ramsar de Grand-Bassam (J. YOUHOUI, 2020, pp. 44-45) et dans la sous-préfecture de Grand-Bassam (F. A. MEMEL *et al.*, 2021, p. 653). Cette tendance est semblable à celle de plusieurs autres zones humides Ramsar, notamment la zone humide Ramsar de Sassandra-Dagbégo qui en 2020, a perdu près de la moitié des superficies de forêt de mangrove (919,96 ha) au profit de l'agriculture, du fumage de poisson et de la pêche (L. M-C. AKADJE-KONAN, 2021, p. 14). Un tel rythme de régression (1,6 ha/an) nécessite une réflexion stratégique sur les mesures de conservation des zones humides Ramsar. En définitive, si la présente étude permet d'appréhender la dynamique de transformation dans la partie sud de la zone humide Ramsar de Grand-Bassam, des travaux ultérieurs devront se pencher sur les facteurs explicatifs de ces changements afin de trouver des moyens de gestion adéquate pour une conservation de cet écosystème fragile.

Conclusion

La présente étude avait pour objectif d'évaluer la dynamique spatio-temporelle de la partie sud de la zone humide Ramsar de Grand-Bassam face à la pression anthropique et aux besoins d'extension de la métropole abidjanaise et proposer une fine cartographie des changements d'occupation et d'utilisation du sol. Une approche de classification dirigée par l'algorithme *Random Forest* du logiciel R a été mise en œuvre et a permis d'établir l'état de l'occupation et de l'utilisation du sol avec respectivement 87,38 % ; 88,18 % et 89,77 % de précision globale pour les années 2000 ; 2016 et 2020. À l'analyse, cette cartographie révèle une anthropisation de plus en plus importante de cette zone humide Ramsar avec la conversion des terres en zones résidentielles et sols nus au détriment des formations naturelles : 27,42 % en 2000 contre 43,71 % en 2020.

Toutefois, ces résultats ne doivent pas occulter les difficultés d'ordre méthodologique. En effet, l'effet du sol sur les indices de végétation réduit fortement le potentiel des données optiques à caractériser l'état des variables biophysiques. Dans ce contexte, il est envisagé pour de futurs travaux, le recours à une approche utilisant la télédétection radar non assujettie à la couverture nuageuse, plus particulièrement les données de la constellation Sentinel-1.

Références bibliographiques

AKADJE Léocadie Marie-Claude, HAUHOUOT Célestin, 2021, Géoprospective des dynamiques spatiales futures : application au risque de déforestation de la zone humide (site Ramsar) de Grand-Bassam, Côte d'Ivoire, Édition *L'HARMATTAN*, Paris, pp. 101-115.

AKADJE Amani Léocadie Marie-Claude, 2016, Analyse par télédétection des pressions anthropiques sur une zone d'intérêt écologique: cas de la zone Ramsar de Grand-Bassam et ses environs, Thèse unique de Télédétection et Système d'Information Géographique, Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 216 p.

AKADJE Marie Claude, HAUHOUOT Célestin, 2014, Etude spatiale des changements de l'occupation des sols du site RAMSAR Grand-Bassam (Côte d'Ivoire) à partir d'images satellites LANDSAT, Ahoho, Laboratoire de Recherche sur la Dynamique des Milieux et des Sociétés (LARDYMES), n° 12, pp. 253-263.

AKADJE-KONAN Léocadie Marie-Claude, 2021, Suivi spatio-temporel de la mangrove du complexe Sassandra-Dagbégo, Revue Ivoirienne de Géographie des Savanes (RIGES), n°10, ISSN 2521- 2125, pp. 6 à 20.

BILLEN Roland, CORNELIS Bernard, 2000, Géométrie de la spatiocarte (correction et validation). *Bulletin de la Société Géographique de Liège*, 38, pp. 25-42.

BRAAKHEKKE Wim et MARCHAND Marcel, 1987, Wetlands: The Community's Wealth. European Environment Bureau, Brussels, 24 p.

BREIMAN Leo, 2001, Random Forests. *Machine Learning*, 45, 5-32.

CANO Emmanuelle, 2016, Cartographie des formations végétales naturelles à l'échelle régionale par classification de séries temporelles d'images satellitaires. Géographie. Université Rennes 2, 175 p.

Comité RAMSAR de Côte-d'Ivoire, 2005, Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar, Côte d'Ivoire, 17 p.

DO Thanh-Nghi, LALLICH Stéphane, PHAM Nguyen-Khang, LENCA Philippe, 2009, Un nouvel algorithme de forêts aléatoires d'arbres obliques particulièrement adapté à la classification de données en grandes dimensions : Extraction et Gestion des Connaissances, Strasbourg, France, pp. 79-90.

FONTAINE Bernard, ROUCOU Pascal, and MONERIE Paul-Arthur, 2011, Changes in the African monsoon region at medium-term time horizon using 12 AR4 coupled models under the A1b emissions scenario, *Atmos. Sci. Lett.*, 12(1), pp. 83-88.

GISLASON Oskar Pall, BENEDIKTSSON Jon Atli, SVEINSSON Johannes R., 2006, Random forests for land cover classification. *Pattern Recognition Letters*, 27, pp. 294-300.

GRINAND Clovis, RAKOTOMALALA Fety, GOND Valérie, VAUDRY Romuald, BERNOUX Martial, et VIEILLEDENT Ghislain, 2013, Estimating deforestation in tropical humid and dry forests in Madagascar from 2000 to 2010 using multi-date Landsat satellite images and the random forests classifier, *Remote Sensing of Environment* 139, pp. 68-80.

GRINAND Clovis, 2016, Suivi et modélisation des changements d'usage des terres et stocks de carbone dans les sols et les arbres dans le cadre de la REDD+ à Madagascar, thèse de doctorat, université de Montpellier - SupAgro- AgroParisTech, France, Montpellier, 231 p.

HAUHOUOT Célestin, POTTIER Patrick, BAMBA Yaya, 2011, Recul des formations forestières dans la zone humide du littoral de Grand-Bassam, Côte d'Ivoire. *Revue Internationale de Géomatique*, n° 21, pp. 327-339.

Institut National de la Statistique, 2022, RGPH-2021, Résultats globaux, Ministère du Plan et du développement, 37 p.

IPCC, 2014 - « Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B : Regional Aspects ». In Barros V. R., Field C. B., Dokken D. J., Mastrandrea M. D., Mach K. J., Bilir T. E., Chatterjee M., Ebi K. L., Estrada Y. O., Genova R. C., Girma B., Kissel E. S., Levy A. N., MacCracken S., Mastrandrea P. R., White L. L. (eds) : *Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 688 p.

JENSEN John R., 2005, *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*. 3rd Ed. Prentice-Hall, Upper Saddle River, N.J., 318 p.

KONE Salimata, Lucas GBOMENE Lohoue, CAMPREDON Pierre, Paul OUEDRAOGO, 2018, Mission Consultative Ramsar n° 91 Grand-Bassam, Site Ramsar n° 1583, 2018, Rapport de mission, Côte d'Ivoire, du 23-30 Novembre, Côte d'Ivoire, 41 p.

LACHANCE Daniel, FORTIN Gabrielle et DUFOUR TREMBLAY Geneviève, 2021, Identification et délimitation des milieux humides du Québec méridional, Québec, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction adjointe de la conservation des milieux humides, 119 p.

MEMEL Frédéric Armel, AKADJÉ Marie-Claude Léocadie, 2021, Impact spatial d'un équipement urbain : le cas de l'autoroute Abidjan- Accra, à Grand-Bassam, Colloque international « Gouvernance, économie et Société : l'Afrique face aux défis du XXI^{ème} siècle », 20 au 22 Mai 2021 à l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa, Volume 2, Nouvelles Editions Balafons (NEB), 2021, pp. 641-673.

MINISTERE DE LA CONSTRUCTION, DU LOGEMENT, DE L'ASSAINISSEMENT ET DE L'URBANISME (MCLAU), 2015, Le Projet de Développement du Schéma Directeur d'Urbanisme du Grand Abidjan (SDUGA), 172 p.

MULLER Fabrice et BÉTHUNE Stanislas de, 2000, la fusion d'images. *Bulletin de la Société Géographique de Liège*, 38, n°1, pp. 79-94.

PONTIUS Junior Robert Gilmore, 2000, Quantification error versus location in comparison of categorical maps. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 66, n° 8, pp.1011-1016.

RAMSAR, 1971, Convention relative aux zones humides d'importance internationale particulièrement comme habitats des oiseaux d'eau, Ramsar, Iran, 6 p.

RUSSI Daniela, BRINK Patrick Ten, FARMER Andrew, BADURA Tomas, COATES David, FÖRSTER Johannes, 2013, The economics of ecosystems and biodiversity for water and wetlands. London and Brussels, 84 p.

SULTAN Benjamin, JANICOT Serge, BARON Christian, DINGKUHN Michaël, MULLER Bertrand, B TRAORE Seydou, SARR Benoit, 2008, Les impacts agronomiques du climat en Afrique de l'Ouest : une illustration des problèmes majeurs. *Sécheresse*, 19 (1): 29-37.

SULTAN Benjamin and JANICOT Serge, 2003, The West African monsoon dynamics. Part II: The “preonset” and “onset” of the summer monsoon. *Journal of climate*, 16 (21), pp. 3407-3427.

SYLLA Daouda, 2021, Cartographie des acquisitions foncières à la périphérie de la métropole abidjanaise. *Bulletin de la société géographique de Liège*, 77, pp. 33-43.

SYLLA Daouda, KOUASSI Aymar, HAUHOUOT Célestin, 2021, Évolution de la forêt classée de N’Ganda N’Ganda (Assinie, Côte d’Ivoire) d’après la comparaison de deux images Landsat de 1987 et 2018. *Photo Interpretation European Journal Of Applied Remote Sensing*, Vol. 56-57, pp. 21-27.

WHITE Wulder, Mike, Grills, 2007, Évaluation de la précision des cartes des dommages au stade rouge causés par le dendroctone du pin ponderosa produites à partir de données télédéteectées. *Service Canadien des Forêts*, n° 36, 4 p.

YOUHOUIIN Jean, 2020, Evolution spatiale de la mangrove de Grand-Bassam de 1985 à 2030, Dégradation drastique des mangroves de la zone humide Ramsar de Grand-Bassam, Universitaires Européennes, 80 p.

ZARE Aïda, 2015, Variabilité climatique et gestion des ressources naturelles dans une zone humide tropicale: une approche intégrée appliquée au cas du delta intérieur du fleuve Niger (Mali). Thèse de doctorat, Laboratoire HydroSciences Montpellier (HSM-UM2), Université Montpellier, 214 p.

Auteurs

¹Enseignant-Chercheur, Institut de Géographie Tropicale, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d’Ivoire, zyllahdah@yahoo.fr

²Enseignant-Chercheur, Institut de Géographie Tropicale, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d’Ivoire, maclaude35@yahoo.fr