

## Dynamique spatio-temporelle des habitats naturels du site Ramsar du complexe Sassandra-Dagbego par télédétection

### [ Spatiotemporal dynamics of natural habitats es of the Ramsar site of complex Sassandra-Dagbego by remote sensing ]

*Kouakou Hervé KOUASSI<sup>1</sup>, Yao Alexis N'GO<sup>2</sup>, and Ferdinand Gohi Bi ZRO<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>UFR Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Laboratoire Géosciences et Environnement, Université Nangui Abrogoua, Abidjan, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

<sup>3</sup>UFR Agroforesterie, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

---

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** This study is performed on the Ramsar site of Sassandra Dagbego complex that houses important wetlands including the estuary of Sassandra river and mangrove forests. It has for objective to study the state of conservation of this wetland of international importance that is this site Ramsar. Its implementation was made from the exploitation of satellite images at medium resolution (Landsat TM and OLI) and of investigations on the ground. The processing of images on the implementation indices, colorful compositions and supervised classification was used to map land cover in 1986 and 2014 and to analyze the dynamics of natural habitats between the two dates. The results show a dynamic land use characterized by regression over time, mangroves and forests for the benefit of the cultivated and residential areas.

**KEYWORDS:** wetlands, dynamics, Remote sensing, Ramsar, Sassandra.

**RESUME:** La présente étude est réalisée sur le site Ramsar du complexe Sassandra-Dagbego qui abrite d'importants milieux humides dont l'estuaire du fleuve Sassandra et des forêts de mangroves. Elle a pour objectif d'étudier l'état de conservation de cette zone humide d'importance internationale qu'est ce site Ramsar. Sa mise en œuvre a été faite à partir de l'exploitation d'images satellitaires de moyenne résolution (Landsat TM et OLI) et d'investigations sur le terrain. Le traitement des images portant sur la réalisation indices, de compositions colorées et de classification supervisée a permis de cartographier l'occupation du sol en 1986 et en 2014 et d'analyser la dynamique des habitats naturels entre ces deux dates. Les résultats obtenus montrent une dynamique de l'occupation du sol caractérisée par la régression, au fil du temps, de la mangrove et des forêts au profit des aires cultivées et résidentielles.

**MOTS-CLEFS:** Zones humides, dynamique, spatio-temporelle, télédétection, Ramsar, Sassandra.

## 1 INTRODUCTION

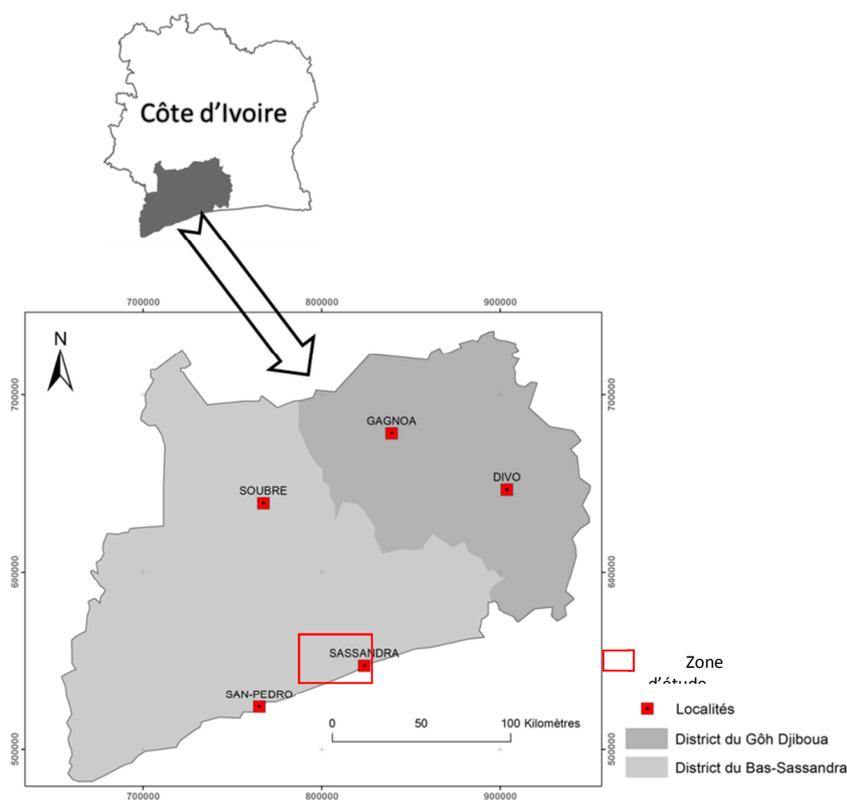
Les zones humides sont des écosystèmes particuliers situées à l'interface entre le milieu aquatique et le milieu terrestre. Selon [1], ces zones sont d'une importance vitale pour l'homme en maints domaines (aliments, eau, pâturages pour le bétail, matériaux de construction, transport, sports, tourisme et conservation de la biodiversité), ce qui explique les nombreuses études dont elles font l'objet à travers le monde. En effet, au cours des années 90 par exemple, un programme baptisé

«Programme national de recherche sur les zones humides PNRZH», a été initié en France. Par ailleurs, des chercheurs ont mis en évidence l'importance des zones humides dans la régulation du régime des eaux, la recharge des nappes aquifères, la stabilisation du littoral et la rétention des nitrates ([1]; [2]; [3]; [4]).

En Côte d'Ivoire, l'économie repose en grande partie sur l'agriculture et occupe près de 80% de la population active [5]. Le développement de cette agriculture ainsi que l'urbanisation et la création d'infrastructures (routes et autoroutes, barrages réservoirs, espaces de loisir...) ont contribué fortement au morcellement et à l'appauvrissement écologique des milieux, dont les zones humides [6]. Plus que d'autres écosystèmes, les zones humides ont été et sont encore détruites par diverses activités humaines dans ce pays. C'est ainsi que la présente étude a été menée pour, non seulement, apprécier l'état de conservation des habitats naturels du site Ramsar du complexe Sassandra-Dagbego, zone humide d'importance internationale. Il est aussi question d'identifier les différents usages des habitats naturels, dont certains pourraient être incompatibles avec les principes du Ramsar, qui se résument en une utilisation rationnelle des ressources naturelles.

## 2 SITE D'ETUDE

Le Site d'étude (Fig. 1) est le complexe Sassandra-Dagbego situé au Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire, entre les latitudes 4°30'N et 5°25'N et les longitudes 6°W et 6°30'W. Il est situé sur le bassin versant du fleuve Sassandra, à l'interface entre le milieu marin et le milieu continental. Le complexe Sassandra-Dagbego est un site Ramsar inscrit sur la liste des zones humides internationales en 2006. Ce site, d'une superficie de 10551,1 ha, héberge l'estuaire du fleuve Sassandra et plusieurs autres habitats naturels tels que des marécages, des mangroves ainsi que de petites îles. Les espèces de mangroves rencontrées sont: *Rhizophora racemosa*, *Avicennia germinans* et *Conocarpus erectus* [6].



**Figure 1 : localisation de la zone d'étude**

Le climat de la zone est caractérisé par quatre saisons: deux saisons pluvieuses et deux saisons sèches. La grande saison pluvieuse couvre la période d'avril à juillet. La petite saison, quant à elle, s'étend d'octobre à novembre. La grande saison sèche s'étend de décembre à mars et la petite, d'août à septembre. Le climat est chaud avec des températures moyennes mensuelles qui oscillent entre 23 et 28°C. On y rencontre quatre types de formations végétales. Il s'agit: des forêts marécageuses, de la forêt dense sempervirente sur sol à forte capacité de rétention en eau, de la mangrove sur sol hydromorphe à gley et de la forêt dense sempervirente de sol ferme [7]. Le relief est beaucoup accidenté. Il présente des

collines aux pentes assez fortes. On y rencontre aussi, sur la côte, une alternance de falaises rocheuses et des plages basses [7].

### 3 MATERIEL ET METHODES

#### 3.1 MATÉRIEL

Le matériel utilisé pour la mise en œuvre de cette étude est essentiellement constitué de données de télédétection et de données de terrain.

Les données de télédétection se composent d'images optiques de moyenne résolution enregistrées par les capteurs TM (Thematic Mapper) et OLI (Operational Land Imager) de LANDSAT. Les images Landsat TM et OLI, de la scène p197r56 sont enregistrées, en saison sèche, respectivement le 18/02/1986 et le 31/12/2014. Elles sont projetées en format UTM dans le référentiel WGS 84. Ces images sont disponibles sur le site : <http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>.

Les données de terrain sont constituées de position GPS de plusieurs classes d'occupation du sol à partir d'un GPS (Global Positioning System) de type Garmin Etrex Vista Hcx. Elles comprennent aussi des informations issues d'entretiens avec les populations locales.

#### 3.2 MÉTHODES

L'approche méthodologique pour l'analyse de l'évolution et de la dégradation des zones humides a consisté à étudier l'occupation du sol à partir de données de télédétection et des travaux de terrain. Le prétraitement des données de télédétection a consisté à effectuer une succession d'opérations indispensables qui précèdent l'analyse principale et l'extraction des informations. Il s'agit des corrections géométrique et radiométrique des images et de l'application de filtres. Ensuite, le calcul indices de végétation et d'humidité du sol, et les compositions colorées des bandes 4, 5 et 7 des données TM et 5, 6 et 7 OLI sont réalisées pour faciliter l'identification et la différenciation des types d'occupation du sol. Les données collectées sur le terrain ont permis de comprendre la signature spectrale des différents types d'occupation du sol et de faciliter l'interprétation des images. Cinq classes d'occupation du sol ont ainsi été identifiées à partir de l'interprétation visuelle.

La classification supervisée par la méthode du maximum de vraisemblance appliquée pour classifier les images a été utilisée pour ses performances avérées. En effet, cet algorithme régulièrement utilisé dans les classifications supervisées, est considéré comme le plus performant des algorithmes en matière de production des cartes thématiques dans le domaine de l'occupation du sol [8].

Le taux d'évolution des classes d'occupation du sol a été utilisé pour exprimer la variation de l'occupation du sol entre 1986 et 2014. Il est calculé à partir des statistiques de l'occupation du sol par la relation suivante [5]:

$$T = \frac{V_1 - V_0}{V_0} * 100$$

où :

- $V_0$  = proportion des classes d'occupation du sol en 1986;
- et  $V_1$  = proportion des classes d'occupation du sol 2014.

Dans le but de vérifier et de compléter l'interprétation des données de l'étude, plusieurs investigations en vue des contrôles de terrain ont été effectuées à différentes dates, notamment, du 13 au 18 février 2009, du 22 au 29 avril 2010 et du 27 février au 1<sup>er</sup> mars 2012. Le choix des points de contrôle résulte d'une analyse conjointe de certaines caractéristiques du paysage, de l'information radiométrique contenue dans les images satellitaires et de la localisation exacte des différentes thématiques. Ensuite, ces points de contrôle ont été localisés par un GPS sur le terrain. Plusieurs indicateurs ont été considérés pour la validation des zones humides sur le terrain. Il s'agit, entre autres, de la présence permanente ou temporaire d'eau, des traces d'hydromorphie et d'espèces végétales caractéristiques des zones humides. Enfin, les informations collectées sur le terrain ont été associées géographiquement aux images satellitaires pour faciliter la reconnaissance des cibles étudiées et la validation des résultats.

## 4 RESULTATS

### 4.1 DYNAMIQUE DE L'OCCUPATION DU SOL

La figure 2 montre deux cartes d'occupation du sol issues respectivement de la classification des images Landsat TM de 1986 et OLI de 2014. Ces classifications sont réalisées avec une précision globale de 97 % et les thèmes sont bien discriminés par la méthode de classification utilisée (maximum de vraisemblance). Les cartes indiquent cinq classes d'occupation du sol, à savoir : les surfaces en eau, les mangroves, les forêts, les cultures et jachères et les habitats et sols nus. A l'analyse, ces cartes d'occupation du sol montrent l'évolution des classes d'occupation du sol entre les deux dates d'observation. Les modifications spatio-temporelles qui ont lieu au cours de ces vingt-huit années s'observent clairement. En effet, les analyses statistiques de la carte d'occupation du sol en 1986 révèlent que l'espace est occupé par ordre de prédominance par la forêt (33,7 %), les surfaces en eau (28,8 %), les cultures / jachères (21,4 %), les mangroves (10,5 %) et les habitats / sols nus (5,5 %) (fig. 3). En 2014, l'ordre de prédominance a changé avec de grandes variations dans les proportions occupées par les différents thèmes. Ce nouvel ordre est : les cultures / jachères (34,3 %), les surfaces en eau (27,2 %), la forêt (22,5 %), les habitats / sols nus (8,3 %) et les mangroves (7,8 %).

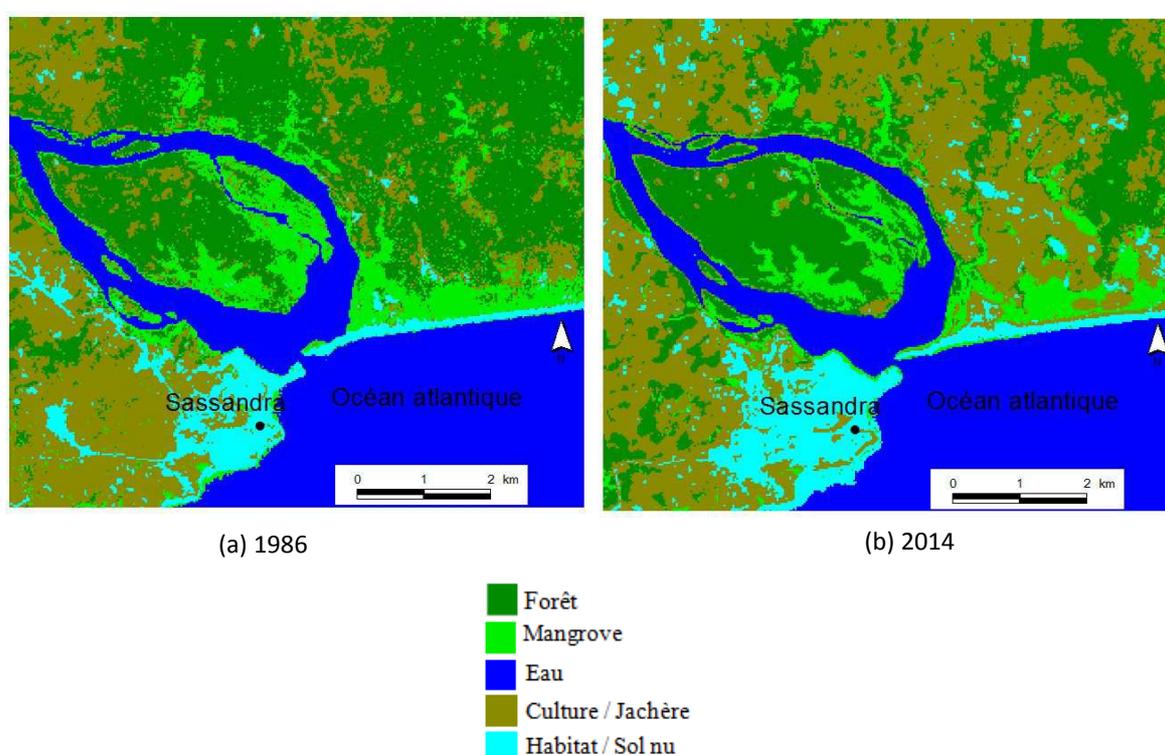


Figure 2: Cartes de l'occupation du sol de 1986 (a) et de 2014 (b).

De 1986 à 2014 les surfaces de deux classes d'occupation du sol ont considérablement régressé. Il s'agit de la forêt et des mangroves. La forêt est passée de 33,7 % en 1986 à 22,5 % en 2014, soit un taux de d'évolution de -33,22% (Fig. 4). On remarque aussi une forte régression des mangroves qui passent de 10,5 à 7,8 %, soit un taux d'évolution de -26,46 %. Les surfaces en eau ont aussi diminué: elles sont passées de 28,8 à 27,2 %, ce qui correspond à un taux d'évolution de -5,74 %. Ce taux, comparé au deux premiers cités, est faible.

Parallèlement, sur la même période, deux classes d'occupations du sol ont considérablement augmenté. Il s'agit des classes cultures et jachères d'un côté et habitats et sols nus de l'autre. Les zones de cultures et de jachères sont passées de 21,4 % à 34,3 %, soit une évolution de 60,46 %. Les habitats et sols nus, quant à eux, sont passés de 5,5% à 8,3 %, ce qui correspond à une augmentation de 49,25%.

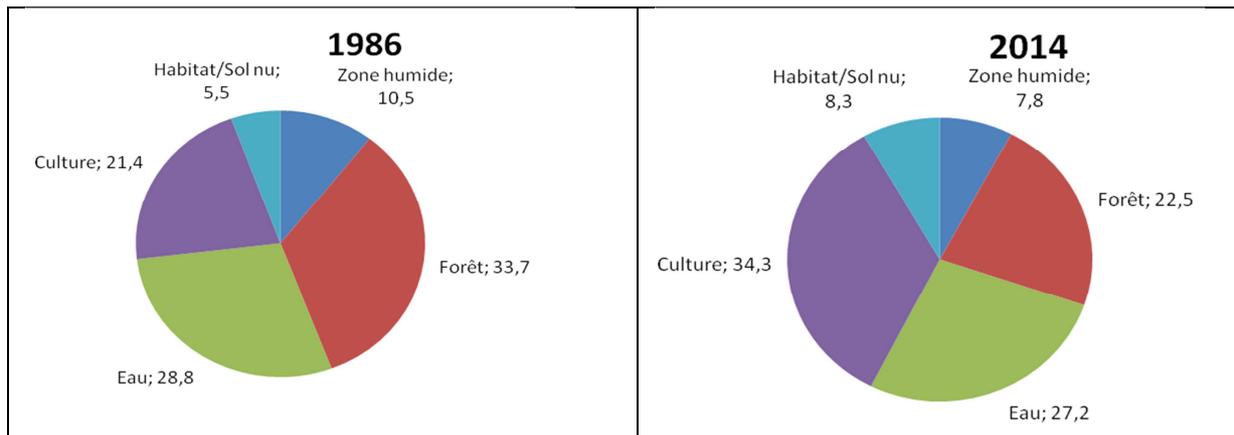


Figure 3: Statistique de l'occupation du sol en 1986 et en 2014

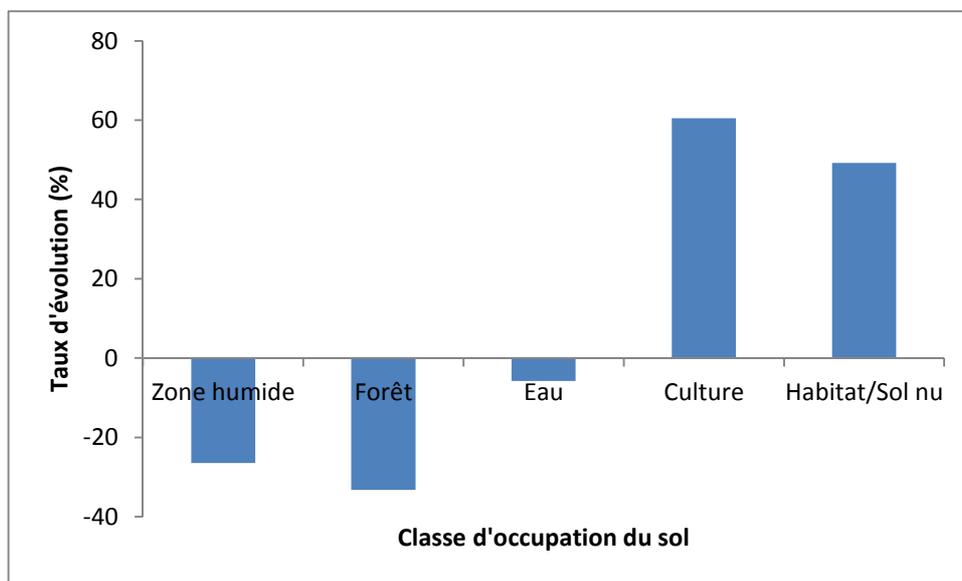


Figure 4: Taux d'évolution de l'occupation du sol de 1986 à 2014

#### 4.2 USAGES ET DEGRADATION DES ZONES HUMIDES DU SITE RAMSAR DU COMPLEXE SASSANDRA-DAGBEGO

Les zones humides du site Ramsar du complexe Sassandra-Dagbego, à l'instar des zones humides en général, constituent des milieux privilégiés pour plusieurs activités anthropiques. L'importante utilisation de la biomasse comme source d'énergie domestique se traduit par la coupe des forêts et des mangroves (fig. 5 b) pour la production de charbon de bois, du bois de chauffe. Les bas-fonds et les mangroves sont convertis en rizières (fig.5 a). Ceci entraîne des pertes au niveau de l'étendue des mangroves. Ce sont, très souvent, des zones de pêche et de chasse. On a pu observer que les populations locales tirent leurs sources de protéines des poissons, des mollusques et des crustacés qui vivent dans cet écosystème.

Les menaces favorisant la régression des écosystèmes de mangroves ont été identifiées au cours de cette étude. Outre les divers usages, la mise en eau du barrage de Buyo sur le fleuve Sassandra entraîne une diminution de la quantité d'eau douce disponible dans les mangroves. Ce changement est à l'origine de la réduction de la productivité des mangroves et a entraîné une dégradation plus rapide. Les routes quant à elles, ont provoqué le morcellement de la mangrove (fig.6).



**Figure 5: Usages des zones humides pour la riziculture et pour le chauffage**

La figure 6 permet d’observer l’état de dégradation avancé de la mangrove à cause des usages non rationnels des ressources et des pressions de plus en plus croissantes. L’une des techniques de pêche pratiquée par les populations locales consiste à un abattage systématique de la forêt de mangrove (fig.6) pour faciliter la capture des poissons. Cette pratique néfaste entraîne la réduction de la surface des mangroves.



**Figure 6 : Localisation d'une mangrove du site de l'étude en dégradation sur une image tirée de Google Earth**

## 5 DISCUSSION

La présente étude réalisée à l'estuaire du fleuve Sassandra (complexe Sassandra-Dagbego) a pour objectif d'étudier l'état de conservation de cette zone humide d'importance internationale. Elle est réalisée à partir de données de télédétection et de données issues de campagnes de terrain. L'exploitation de ces données a permis de dégager la tendance générale de la dynamique de l'occupation des sols entre 1986 et 2014. L'étude montre une régression de 43 % du massif forestier et de 26 % des mangroves en 28 ans (1986-2014). Cela confirme les conclusions de [6] qui montrent un déclin des étendues de mangroves dans la région au cours des 25 dernières années.

La forte régression des forêts et des mangroves est due à la combinaison de plusieurs facteurs. L'un des facteurs important est l'augmentation de la population essentiellement agricole. Cette population agricole, qui est sans cesse à la recherche de terres fertiles, est le moteur de la conversion des forêts et des mangroves en zone de cultures comme [5] avaient remarqué. On comprend alors aisément, dans cette étude, la forte croissance des terres cultivées qui sont passées de 21,4 % en 1986 à 34,3 % en 2014, soit un taux d'évolution de 60,46 %. L'autre facteur important de la dégradation de ces milieux est l'urbanisation. En effet, l'analyse de la dynamique de l'occupation du sol a montré une augmentation de 49,25% des zones urbaines et des sols nus. Cela confirme les travaux de [9] qui montrent, à partir de photographies aériennes, la transformation par l'homme des habitats naturels humides en aires cultivées et/ou urbanisées.

La dégradation de ce patrimoine est aussi due à l'importante utilisation de la biomasse comme source d'énergie domestique et aux activités d'exploitation non contrôlées et illégales des forêts et mangroves. Plusieurs auteurs dont [10] et [5] ont montré que l'exploitation abusive de bois est un facteur déterminant de la régression des espèces végétales ligneuses et donc des modifications importantes dans l'occupation du sol.

## 6 CONCLUSION

Ce travail a mis en évidence la dégradation des habitats naturels du site Ramsar du complexe Sassandra-Dagbego au cours de la période allant de 1986 à 2014. Cette étude est basée sur l'utilisation d'images satellitaires et sur des investigations de terrain. En 1986 les mangroves occupaient 10,5 % de la zone d'étude contre 7,8 % en 2014. Cela correspond à une perte de 26 % des mangroves. Au cours de cette même période, le massif forestier a connu une régression de 43 %. Ces plus ou moins fortes régressions de la forêt et des mangroves sont le résultat d'une agriculture intensive et d'une urbanisation croissante, montrant ainsi que les ressources de cette zone humide ne sont pas utilisées de façon rationnelle comme cela est préconisé par la convention de Ramsar sur les zones humides d'importance internationale.

## REFERENCES

- [1] P. J. Dugan, "Wetland conservation : a review of current issues and required action," IUCN, Gland, 1990.
- [2] E. Fustec et B. Frochot, "Les fonctions des zones humides, synthèse bibliographique," Agence de l'eau Seine Normandie, Université de Paris 6 et Bourgogne, 1996.
- [3] L. O. Stacy et E. B. Marvin, "Satellite remote sensing of wetlands," *Wetlands Ecology and Management*, 10, pp. 381–402, 2002.
- [4] F. Curie, "Rétention de nitrates dans les zones humides riveraines : rôle des facteurs hydrologiques, géomorphologiques et biogéochimiques. Approche multi échelle dans le bassin de la Seine," Thèse de l'Université Pierre et Marie Curie, 197 p, 2006.
- [5] L. Coulibaly, K. H. Kouassi, G. E. Soro, and I. Savane, "Analyse du processus de savanisation du nord de la Côte d'Ivoire par télédétection: Cas du département de Ferkessédougou," *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 17, N° 1, pp. 136-143, 2016.
- [6] E. Corcoran, C. Ravilious, M. Skuja, "Les mangroves de l'Afrique de l'Ouest et centrale," *UNEP-WCMC Biodiversity Series* 26, 2009.
- [7] J. M. Avenard, M. Eldin, G. Girard, J. Sircoulon, P. Touchebeuf, J. L. Guillaumet, E. Adjanohoun et A. Perraud, "Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire," *Mémoire ORSTOM*, 1971.
- [8] K. H. Kouassi, Y. A. N'Go, V. T. Assoma, D. Niamien, J. Kouamé, I. Savané, J. P. Rudant Apport des images ALOS/PALSAR, ENVISAT/ASAR, et LANDSAT/TM à la cartographie des zones humides tropicales de Grand Lahou, Côte d'Ivoire. *Photo-interpretation European journal of applied of remote sensing* vol. 47, n°4, pp. 100-108, 2011.
- [9] M. Dakki, F. Hamman, S. Hammada, "Cartographie des habitats naturels d'une zone humides côtière méditerranéenne : les marais de Smir (région de Tétouan, Maroc)," *Institut Scientifique, Rabat, série générale*, n° 4, pp. 9-15, 2005.
- [10] E. N'Guessan, H. Dibi N'Dah, M.-F. Bellan, F. Blasco, "Pression anthropique sur une réserve forestière en Côte d'Ivoire: Apport de la télédétection," *Télédétection*, Vol. 5, n° 4, pp. 307-323, 2006.