

## **Évaluation par imagerie satellitaire de la dynamique spatiale du parc marin des mangroves de la République Démocratique du Congo entre 2006 et 2015**

**Bruno MUYAYA KALAMABY<sup>1\*</sup>, Jean Paul RUDANT<sup>2</sup> et Raymond LUMBUENAMO SINSI<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Laboratoire de Géomatique Appliquée et Environnement, École Régionale Post Universitaire d'Aménagement et de Gestion Intégrés des Forêts et Territoires Tropicaux Kinshasa, République Démocratique du Congo*

<sup>2</sup> *Laboratoire de Télédétection et Information Géographique, Université de Paris Est de Marne la Vallée, Paris, France*

---

\* Correspondance, courriel : [brmuyaya@gmail.com](mailto:brmuyaya@gmail.com)

### **Résumé**

Une bonne gestion d'une aire protégée dans un contexte des pressions anthropiques de plus en plus croissantes passe par sa bonne connaissance et son suivi régulier. Le but de cette étude est de quantifier et d'analyser la dynamique spatiale du parc marin des mangroves entre 2006 et 2015 afin d'en évaluer la tendance durant cette période. La méthodologie consiste en une classification de deux scènes Landsat dont une TM (Thematic Mapper) du 8 / 9 / 2006 ainsi qu'une OLI (Operational Land Imager OLI) du 3 / 3 / 2015 par l'approche orientée objet après ortho rectification. Les résultats de l'étude renseignent que durant cette période, les milieux naturels du site ont subis une dynamique régressive avec une augmentation de 304,6 hectares de la zone dégradée par les activités humaines, soit 0,4 % de son territoire. Pendant ce temps, la forêt des mangroves a perdu 323,3 hectares de sa superficie soit 0,5 %, les raphiales ont perdu 480,6 hectares de sa superficie soit 0,6 % alors que la superficie de l'eau a augmentée de 499,3 hectares soit 0,7 %.

**Mots-clés :** *dynamique spatiale, télédétection spatiale, images Landsat, parc marin des mangroves, République Démocratique du Congo.*

### **Abstract**

**Evaluation by satellite imagery of the spatial dynamics of the mangrove marine park of the Democratic Republic of Congo between 2006 and 2015**

Good management of a protected area in the context of human pressures increasingly growing through its knowledge and its regular monitoring. The purpose of this study is to quantify and analyze the spatial dynamics of the marine park of mangroves between 2006 and 2015 to assess the trend during this period. The methodology is a classification of two Landsat TM scenes a (Thematic Mapper) of 8 / 9 / 2006 and a OLI (Operational Land Imager OLI) of 03.03.2015 by the object-oriented approach after ortho rectification. The results of the study provide information that during this period, the natural environment of the site has undergone a regressive dynamic with an increase of 304.6 hectares of degraded area by human activities, 0.4 % of its territory. Meanwhile, the forest of mangroves lost 323.3 hectares of its area is 0.5 %, the raffia lost 480.6 hectares of its area is 0.6 % while the area of the at has increased 499.3 hectares or 0.7 %.

**Keywords :** *spatial dynamic, remote sensing, Landsat images, marine park of mangroves, Democratic Republic of Congo.*

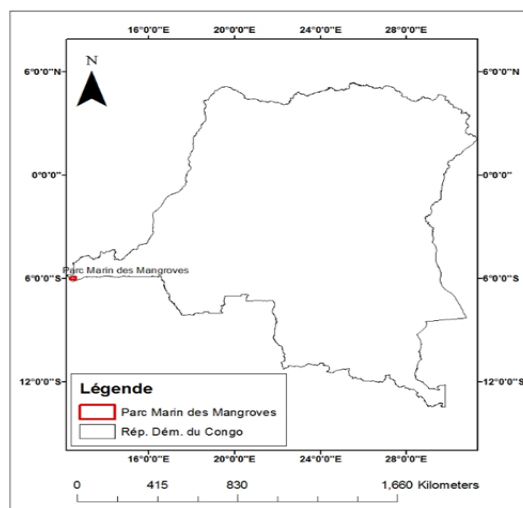
## 1. Introduction

Créé en 1992, le parc marin des mangroves (PMM) fait partie du réseau d'aires protégées de la République Démocratique du Congo (RDC) qui sont gérées par l'Institut Congolais pour la Conservation de la Nature (ICCN) [1, 2]. Avec une superficie de 76 800 Ha, le PMM est désigné site Ramsar depuis 18 Janvier 1996, soit quatre années seulement après sa création. C'est une aire protégée de catégorie II de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) dont l'objectif premier de gestion est non seulement de protéger la biodiversité naturelle, la structure écologique et les processus environnementaux sous-jacents mais aussi de promouvoir l'éducation et les loisirs [3 - 10]. Situé dans la ville de Moanda, le PMM reste encore relativement mal connu car très peu d'études y ont été réalisées. Il est en plus menacé par des pressions anthropiques dont les principales sont le braconnage, le déboisement (carbonisation), la pêche, les pollutions par hydrocarbures car le site est souvent emprunté par les navires de haute-mer qui se rendent dans la ville de Matadi et divers sites d'extraction et de raffinage pétrolier se trouvent dans ses environs [11, 12]. Ceci justifie donc l'intérêt du suivi de son espace dans le temps et la télédétection spatiale se positionne comme l'outil de premier choix pour cela [13 - 17]. L'objectif de la présente étude est de quantifier et d'analyser l'évolution spatiale du parc marin des mangroves entre 2006 et 2015. L'hypothèse de base qui sous-tend la présente étude est que deux images satellitaires d'un territoire donné acquises à différentes dates sont susceptibles de fournir des informations intervenues sur ces territoires entre ces dates.

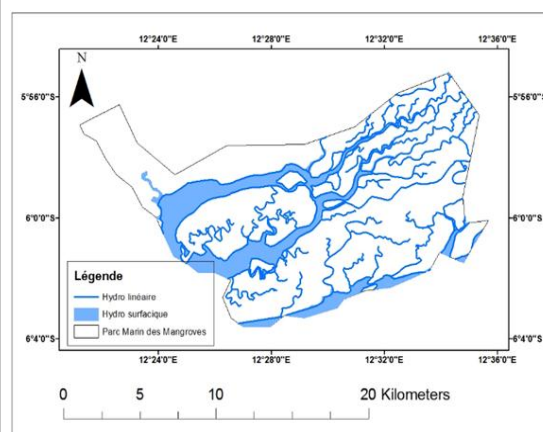
## 2. Matériel et méthodes

### 2-1. Site d'étude

Le PMM est localisé à l'Ouest de la République Démocratique du Congo (*Figure 1*) et plus précisément situé entre  $-5.91825^{\circ}$  et  $-6.06174^{\circ}$  et  $12.3481^{\circ}$  et  $12.6052^{\circ}$  (*Figure 2*).



**Figure 1 :** Localisation du PMM sur la RDC



**Figure 2 :** Le parc marin des mangroves

Le climat qui y règne est un climat tropical chaud et humide de type  $Aw_4$  selon la typologie de Koppen [18, 19]. C'est un climat caractérisé par une grande saison de pluie s'étalant sur 8 mois allant de la mi-Septembre à la mi-Mai et qui est souvent entrecoupée par deux saisons sèches dont une petite située à cheval entre Janvier et Février et une grande située entre la mi-Mai et la mi-Septembre [20, 21]. La

température moyenne annuelle est de 27,5° et la moyenne journalière est située autour de 25° avec une amplitude thermique journalière oscillant autour de 7,5°C. Les précipitations moyennes annuelles sont de 772 mm. La végétation qui y domine est la mangrove qui est un type d'écosystème des zones humides à forte salinité mais variable dont les principales espèces caractéristiques sont : le *Rhizophora racemosa* et *Avicennia germinans*. La mangrove présente une triple adaptation à la forte salinité du milieu, aux inondations et à l'absence d'oxygénation qui en résulte. La présence des pneumatophores qui sont des excroissances aériennes des racines latérales de l'arbre constitue des caractéristiques d'adaptation. Elles ont plusieurs fonctions dont le ralentissement des courants de marée et jouent de ce fait un rôle de premier plan dans l'accumulation des sédiments. De toutes les racines hors sol, ce sont les pneumatophores qui assurent l'activité respiratoire la plus intense. La faune y est très riche et diversifiée incluant des reptiles, une avifaune, des insectes, des mammifères, des insectes et des poissons mais l'espèce emblématique du parc est le lamantin.

## 2-2. Images

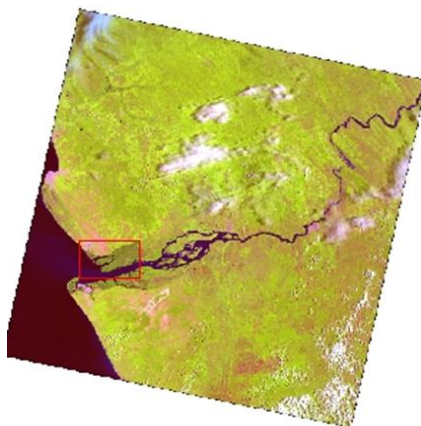
Deux scènes Landsat sont utilisées dans cette étude. La première est une scène du capteur TM (Thematic Mapper) du 09 / 08 / 2006 (*Figures 3*) et dont les caractéristiques sont reprises dans le (*Tableau 1*). La deuxième est du capteur OLI (Operational Land Imager) du 03 / 03 / 2015 (*Figure 4*) et dont les caractéristiques ci-après (*Tableau 2*).



**Figure 3a :** Scène Landsat TM, p183r064 du 09 / 08 / 2006 (542)



**Figure 3b :** Extrait de la scène Landsat 2006 du parc marin des mangroves (542)



**Figure 4a :** Scène Landsat OLI, p183r064 du 03 / 03 / 2015 (654)



**Figure 4b :** Extrait de la scène Landsat OLI du parc marin des mangroves (654)

**Tableau 1 : Caractéristiques des images Landsat TM [22 - 26]**

Capteur	Résolution spectrale	Couleur bande	Résolution spatiale	Dimension de la scène	Temps temporelle
TM	Band 1 : 0.45 - 0.52	Blue	30 m	170 km x 183 km	16 jours
	Band 2 : 0.52 - 0.60	Green	30 m		
	Band 3 : 0.63 - 0.69	Red	30 m		
	Band 4 : 0.76 - 0.90	Near IR	30 m		
	Band 5 : 1.55 - 1.75	Mid IR	30 m		
	Band 6 : 10.4 - 12.5	Thermal	120 m		
	Band 7 : 2.08 - 2.35	Mid IR	30 m		

**Tableau 2 : Caractéristiques des images Landsat OLI [27 - 30]**

Capteur	Résolution spectrale	Couleur bande	Résolution spatiale	Dimension de la scène	Temps temporelle
OLI	Band 1 : 0.433 - 0.453	Coastal / Aerosol	30 m	170 km x 183 km	16 jours
	Band 2 : 0.450 - 0.515	Blue	30 m		
	Band 3 : 0.525 - 0.600	Green	30 m		
	Band 4 : 0.630 - 0.680	Red	30 m		
	Band 5 : 0.845 - 0.885	Near Infrared	30 m		
	Band 6 : 1.560 - 1.660	S W Infrared	30 m		
	Band 7 : 2.100 - 2.300	S W Infrared	30 m		
	Band 8 : 0.500 - 0.680	Pan	15 m		
	Band 9 : .360 - 1.390	Cirrus	30 m		

### 2-3. Données auxiliaires

Ce sont des données essentiellement collectées sur terrain avec pour objectif d'une part, de mieux caractériser les zones d'intérêt et d'autre part, de vérifier et valider les traitements réalisés. Il s'agit des points géo localisés, collectés à l'aide d'un récepteur GPS de marque Garmin GPS Map 78 avec une précision nominale variant entre 3 et 8 m. Nous avons ainsi collecté 20 points par classe d'intérêt (quatre classes au total).

### 2-4. Méthodes

La méthodologie comprend les phases suivantes : la détermination des classes d'intérêt, la classification des images selon l'approche orientée objet, l'évaluation de la précision de la classification et enfin l'évaluation de la dynamique spatiale et son analyse. Tout ceci a été précédé par la correction géométrique de deux scènes Landsat utilisées.

#### 2-4-1. Correction géométrique de deux images

Cette opération a été réalisée sous ENVI 4.6.1 à l'aide de l'algorithme image - to - image et a eu pour finalité de rendre les images le mieux superposables possible afin de comparer les changements intervenus entre les deux dates. Cette opération a été réalisée à l'aide d'un échantillon de 40 points sélectionnés avec une RMS (erreur moyenne) de 0.25.

**2-4-2. Détermination des classes d'intérêt**

En fonction de la spécificité de la zone d'étude qui est un écosystème essentiellement marin colonisé par des mangroves et tenant compte du potentiel de discrimination des images utilisées, nous avons déterminé quatre classes à savoir : une classe des mangroves, une classe des raphiales, une classe de l'eau ainsi qu'une dernière classe des zones anthropisées.

**2-4-3. Classification et post classification**

Dans le cadre de la présente étude nous avons procédé par une classification selon l'approche orientée objet. Celle-ci s'est faite en deux temps : segmentation et classification. Cette approche a été choisie notamment à cause de la difficulté que présente la classification des images satellitaires des espaces très hétérogènes ou très fragmentés. La segmentation d'images qui est un traitement préliminaire de bas niveau qui a été utilisée afin de faciliter la compréhension des images avant leur classification. Son objectif consiste à partitionner l'image, à la découper en régions connexes et homogènes selon certains critères [31 - 34] qui concourent à sa meilleure compréhension. A la différence des méthodes de classifications basées sur une approche « pixel à pixel », la classification « orientée objet » est une méthode de classification qui consiste à regrouper des pixels sur le plan spatial suivant des caractéristiques communes (radiométrie, forme, texture) [35]. L'unité de base de la classification selon cette approche est le segment appelé « objet image ». Les opérations de segmentation et de classification ont été réalisées sous ENVI ZOOM [36 - 38] qui est un module de segmentation du logiciel ENVI 4.6.1 qui intègre la classification « orientée-objet » dans les outils de classification supervisée. La grande contrainte a été de trouver un niveau sur l'échelle de segmentation qui permet d'avoir des régions homogènes et significatives pour le thème à l'étude et qui reste somme toute à l'appréciation de l'opérateur. L'évaluation de la classification a été réalisée sous ENVI avec une précision moyenne de 82,5 % ainsi que des précisions par classe ci-après (**Tableau 3**).

**Tableau 3 : Précision de la classification**

	Classe	Précision par classe	Précision moyenne
1	Eau	90 %	82,5 %
2	Mangroves	90 %	
3	Raphiales	75 %	
4	Zones anthropisées	75 %	

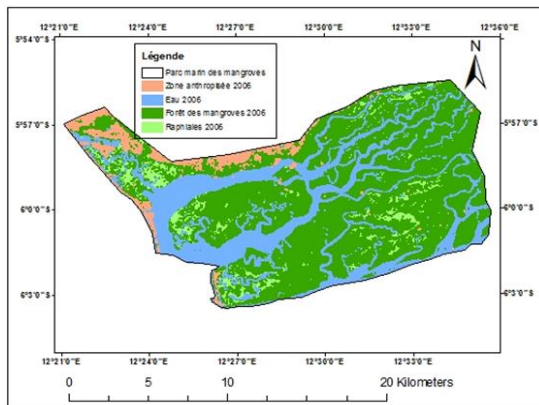
**2-4-3-1. Calcul des statistiques et de la dynamique spatiale**

Le calcul de la dynamique spatiale a été réalisé sous le logiciel ArcGIS 9.3 en faisant l'occupation du sol du site (domaine de chasse, réserve et l'ensemble) pour l'année 2006, puis pour l'année 2015 avant de calculer l'évolution pour chacune des classes retenues.

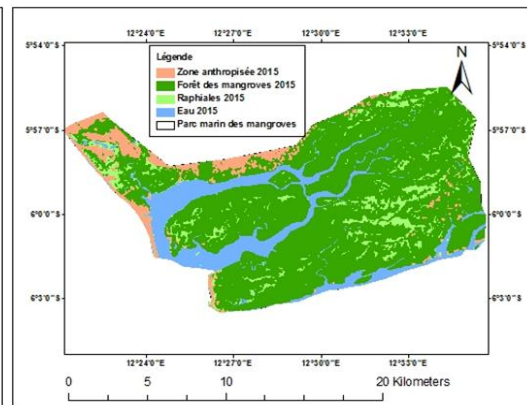
**3. Résultats**

**3-1. Cartes d'occupation du sol en 2006 et 2015**

La classification des scènes Landsat TM du 09 / 08 / 2006 et OLI du 03 / 03 / 2015 a donné les occupations spatiales du sol pour les deux dates illustrées dans les (**Figures 5 et 6**).



**Figure 5 :** Occupation du sol du parc marin des mangroves en 2006



**Figure 6 :** Occupation du sol du parc marin des mangroves en 2015

### 3-2. Statistiques d'occupation du sol

Les statistiques d'occupation du sol sont résumées dans les (*Tableaux 4 et 5*).

**Tableau 4 :** Statistiques d'occupation du sol du parc marin des mangroves en 2006

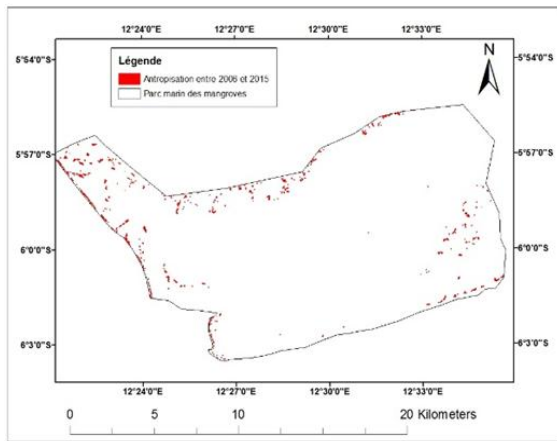
Occupation du sol du parc marin des mangroves en 2006			
	Classes	Superficie en Ha	Proportion en %
1	Zone anthropisée	2 645,83	3,4
2	Forêt des mangroves	45 053,4	58,7
3	Raphiales	14 700,0	19,1
4	Eau	14 400,8	18,7
		76 800,0	100

**Tableau 5 :** Statistiques d'occupation du sol du parc marin des mangroves en 2015

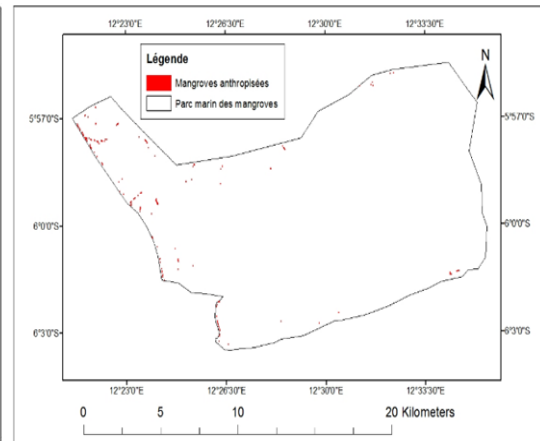
Occupation du sol du parc marin des mangroves en 2015			
	Classes	Superficie en Ha	Proportion en %
1	Zone anthropisée	2 950,4	3,8
2	Forêt des mangroves	44 703,1	58,2
3	Raphiales	14 219,4	18,5
4	Eau	14 900,1	19,4
		76 800,0	100

### 3-3. Dynamique spatiale

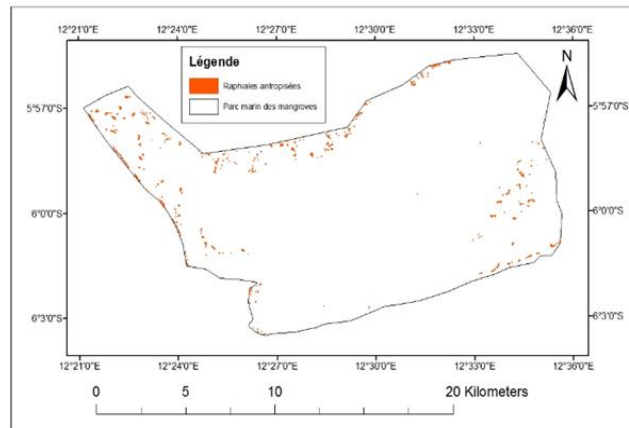
La dynamique spatiale intervenue sur le site en termes de changements d'occupation du sol sera présentée par rapport aux changements de couverture de l'espace. Ainsi, entre 2006 et 2015, l'anthropisation globale correspondant à la conversion des milieux naturels en milieux anthropisés est illustrée dans la (*Figure 7*) alors que les conversions respectives des classes des mangroves et des raphiales en milieux anthropisés sont illustrées aux (*Figures 8 et 9*). Le site étant essentiellement marin, avec un type particulier de végétation sur l'eau, il y a aussi une extension de la classe eau causée par la réduction des classes de végétation des mangroves et raphiales.



**Figure 7 : Anthropisation entre 2006 et 2015**

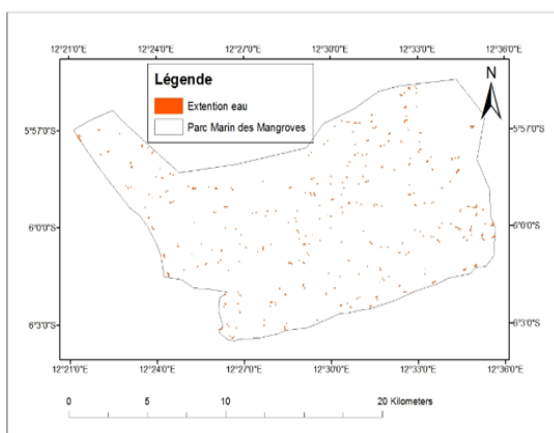


**Figure 8 : Anthropisation des mangroves entre 2006 et 2015**

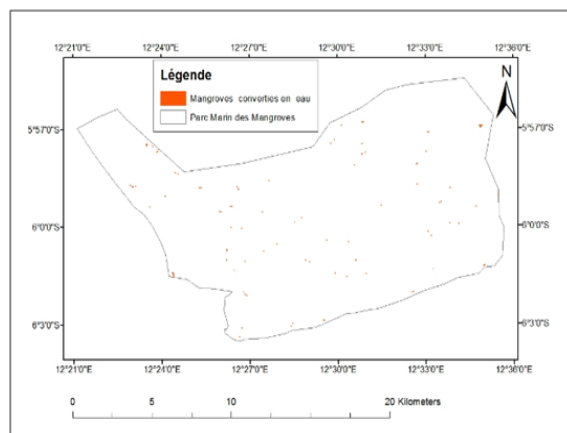


**Figure 9 : Anthropisation des raphiales entre 2006 et 2015**

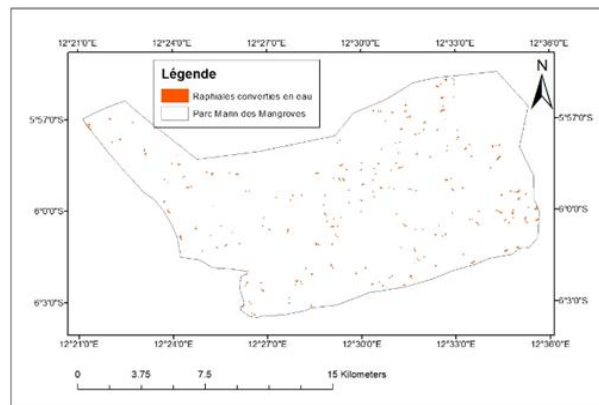
Ainsi, l'extension de la classe eau est illustrée à la **Figure 10** tandis que les conversions des classes des mangroves et raphiales en classe de l'eau sont illustrées dans les (**Figures 11 et 12**).



**Figure 10 : Extension de la surface de l'eau entre 2006 et 2015**



**Figure 11 : Mangroves converties en eau entre 2006 et 2015**



**Figure 12 : Raphiales converties eau entre 2006 et 2015**

La dynamique spatiale du site en termes des statistiques d'occupation du sol est illustrée au tableau ci-après (**Tableau 6**).

**Tableau 6 : Statistique de la dynamique spatiale entre 2006 et 2015**

<b>Dynamique spatiale de l'occupation du sol du parc marin des mangroves entre 2006 et 2015</b>			
	Classes	Variation de la superficie en Ha	Variation de la superficie en %
1	Zone anthropisée	(+) 304,6	(+) 0,4
2	Forêt des mangroves	(-) 323,3	(-) 0,5
3	Raphiales	(-) 480,6	(-) 0,6
4	Eau	(+) 499,3	(+) 0,7

#### 4. Discussion

L'objectif de la présente étude ayant été d'évaluer, quantifier et analyser la dynamique spatiale sur le site du PMM, les résultats montrent que l'extension spatiale globale de la zone anthropisée est de 304,6 hectares sur 9 ans soit une extension moyenne annuelle de 33,9 hectares, ce qui correspond à 0,044 %. Pour ce qui est de l'extension de superficie de la classe eau, elle équivaut globalement à 499,3 hectares sur la même durée de temps (9 ans) soit une extension moyenne annuelle de 55,5 hectares soit 0,077 %. La réduction globale de la superficie des mangroves pour la même période est de 323,3 hectares soit une réduction moyenne annuelle de 35,9 hectares soit 0,055 % alors que les raphiales ont globalement régressées de 480,6 hectares soit 54.4 hectares par an soit 0,066 %. Aussi faut-il préciser que la classe des raphiales est beaucoup plus affectée que celle des mangroves pour des raisons que nous n'arrivons pas à élucidées. Cette extension est causée par les activités agricoles, de pêche, de chasse et le lotissement essentiellement [39]. Ceci est particulièrement inquiétant dans un contexte d'augmentation de la population avec des conditions de vie qui se détériorent en termes de desserte en eau et énergie électrique, l'insécurité alimentaire, le chômage ainsi que la faiblesse de la puissance publique.

#### 5. Conclusion

Quoi qu'étant faible et variant entre 0,044 % et 0,077 % par an, le changement des milieux naturels qui est causés par les activités de l'Homme est particulièrement inquiétant dans la mesure où les causes qui en sont à la base semblent s'accroître. Il faut préciser que la dynamique est faite pour les classes génériques



(mangroves, raphiale, eau et zones anthropisées car la résolution des images utilisées ne permettent pas de différencier les zones agricoles des zones habitées. Ceci impose un suivi régulier de l'évolution du site avec des images optiques haute résolution spatiale et RADAR haute résolution et multi fréquence afin de différencier les différentes sous classes dans les zones anthropisées mais aussi de détecter les pollutions de l'eau par des hydrocarbures.

### Références

- [1] - C. BENE, A. GORDON, B. KAMBALA LWADIA, A. SAMAFU SAMENE, Etude des activités de pêche sur les rivières bordant le parc national de la Salonga en République Démocratique du Congo, Recommandation sur la mise en place d'une gestion collaborative entre les populations riveraines et l'ICCN, Une collaboration entre WoldFish et WWF-RDC, Rapport, Kinshasa République Démocratique du Congo, (2012) 52 p.
- [2] - ICCN, Stratégie nationale de la conservation de la biodiversité dans les aires protégées de la République Démocratique du Congo, (2008) 18 p.
- [3] - UICN, Categories, objectives and criteria for protected areas. UICN, Gland, Suisse, (1978) 26 p.
- [4] - UICN, Parks for Life : Report of the IVth World Congress on National Parks and Protected Areas, UICN, Gland, Suisse, (1993) 260 p.
- [5] - UICN, Lignes directrices pour les catégories de gestion des aires protégées. CPNAP avec l'assistance de la WCMC. UICN, Gland, Suisse et Cambridge, UK, (1994) 261 p.
- [6] - UICN, UICN 19th General Assembly : Resolutions and Recommendations, UICN, Gland, Suisse, (1994) 80 p.
- [7] - UICN, Congrès mondial de la nature : résolutions et recommandations, UICN, Gland, Suisse, (1997) 95pp.
- [8] - UNEP-WCMC, État des aires protégées dans le monde en 2007 : bilan annuel des progrès mondiaux en matière de conservation, UNEP-WCMC, Cambridge, UK, (2008) 40 p.
- [9] - F BRASSARD, Que conserve - t - on avec le réseau d'aires protégées au Québec ? Le Naturaliste canadien, 135 N° 2, Québec, Canada, (2011) 12 - 23 p.
- [10] - J. DAY, N. DUDLEY, M. HOCKINGS, G. HOLMES, D. LAFFOLEY, S. STOLTON & S. WELLS, Application des catégories de gestion aux aires protégées : lignes directrices pour les aires marines UICN Gland, Suisse, (2012) 36 p.
- [11] - G. L. WORBOYS, W. L. FRANCIS and M. LOCKWOOD, Connectivity Conservation Management : A Global Guide, Londres : Earthscan, UK, (2010) 223 - 261 p.
- [12] - UICN-PAPACO, Renforcer la conservation des aires protégées d'Afrique : Synthèse de la rencontre de Weotenga (Burkina Faso du 25 au 27 Octobre 2011), (2012) 58 p.
- [13] - A. HUART, C. TOMBU, A. VAN DER ELSTRAETEN, Voyager dans le pays des 4 trésors, EcoCongo, Entrepreneuriat - Forêt - Environnement - Société, (2012) 13 p.
- [14] - KHEDAM RADJA, Contribution au développement de méthodologies de fusion / classification contextuelles d'images satellitaires multi sources : Application à la cartographie thématique du milieu urbain de la ville d'Alger, thèse de doctorat en électronique, spécialité : traitement d'images, Université des Sciences et de la Technologie Houari BOUMEDIENE, Alger, Algerie, (2008) 214 p.
- [15] - K. HACHEMI, A. ABDELLAOUI, F. GRECU, A. OZER, M. VISAN, L'association d'images diachroniques avec un MNA pour une meilleure interprétation des changements de paysage : meilleure interprétation des changements de paysage dans le Buzau (Roumanie), Revista de geomorfologie, Vol. 12, (2010) 59 - 71 p.
- [16] - A. DEHOUC, V. LAFON, N BAGHDADI, V. MARIEU, B. LUBAC, S. KERVELLA, Synergie de l'imagerie satellitaire optique et radar pour la cartographie des habitats du Bassin d'Arcachon, XII<sup>èmes</sup> Journées Nationales Génie Côtier - Génie Civil Cherbourg, 12-14 Juin 2012, Editions Paralia CFL, (2012) 577 - 587 p.

- [17] - MOHAMED DJIDEL, SOFIANE LABAR, FETHI MEDJANI, BOUAFIA IMADEDINE, Etude des changements écologiques des zones humides en milieux désertiques en utilisant l'imagerie Landsat et le SIG, article, *International Journal of Environment & Water*, Vol. 2, issue 5, (2013) 81 - 87 p.
- [18] - M. KAYUMBA, C. LUBINI, E. KIDIKWADI, and JP. HABARI, Etude floristique de la végétation de la formation mature du Domaine et Réserve de Bombo-Lumene (Kinshasa / RD Congo), *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 11, No. 3, (2015) 716 - 727 p.
- [19] - F BULTOT, Atlas climatique du bassin congolais. Publications de l'Institut National pour L'Etude Agronomique du Congo, Hors-Série, INÉAC, Bruxelles, Belgique, (1950).
- [20] - M. CRABBE, Le climat de Kinshasa d'après les observations centrées sur la période de 1931-1970, éd. Service de l'Administration Belge de la coopération au développement, Kinshasa, République Démocratique du Congo, (1980) 120 p.
- [21] - M. LEROUX, e climat de l'Afrique tropicale, tomes 1 et 2, Edition Slatkine, Gèneve, Paris, (1983) 633 p.
- [22] - H. RÜDENAUER, M. SCHMITZ, Use of Landsat 7 ETM + data as basic information for infrastructure planning, University of Duisburg-Essen, Dept. of Civil Engineering 45117 Essen, Germany (<http://www.isprs.org/proceedings/XXXVI/8-W27/ruedenauer.pdf>), 5 p.
- [23] - National Aeronautics and Space Administration, Landsat 7 Science Data Users Handbook, 187 p.
- [24] - Landsat spectral bands, Landsat Thematic Mapper (TM) and Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) Bands, 2p.
- [25] - Eurimage Products and services, Landsat, 7p.
- [26] - University of Maryland Institute for Advanced Computer Studies University of Maryland Department of Geography, Landsat Technical Guide, Global Land Cover Facility, (2004) 2 p.
- [27] - USGS, Landsat-A Global Land-Imaging Mission, 4 p.
- [28] - Department of the Interior U.S. Geological Survey, Landsat Data Continuity Mission (LDCM) Mission Data Format Control Book (DFCB), Version 6.0, (2012) 81 p.
- [29] - Department of the Interior U.S. Geological Survey, Landsat Data Continuity Mission (LDCM), Level 0 Reformatted (LOR) Mission Data Format Control Book (DFCB), Version 9.0, (2012) 97 p.
- [30] - M. BLACKETT, Early Analysis of Landsat-8 Thermal Infrared Sensor Imagery of Volcanic Activity, Centre for Disaster Management and Hazards Research, Coventry University, UK, remote sensing, Vol. 6, (2014) 2283 - 2295.
- [31] - M. RAKOTO - RAVALONTSALAMA, Méthodes de segmentation automatique d'image, Analyse quantitative des formes, *Téledétection*, 251 - 260 p.
- [32] - N. GORETTA, J. M. ROGER, F. CHRISTOPHE, V. BELLON-MAUREL, G. RABATEL et C. LELONG, Proposition d'une stratégie de segmentation d'images hyperspectrales, traitement du signal, Volume 26\_ numéro spécial 2 *Téledétection pour la surveillance*, (2008) 161 - 174 p.
- [33] - S. DERRODE, W. PIECZYNSKI, Segmentation d'images par modèle de mélange conjoint non gaussien, Lavoisier, Traitement du signal, N° 1, (2012) 9 - 28 p.
- [34] - PA. ARBELAEZ ESCALANGTE, Une approche métrique pour la segmentation d'images, thèse de doctorat, Spécialité : Mathématiques, Université Paris Dauphine, Paris, France, (2005) 255 p.
- [35] - C. MEURIE, Segmentation d'images couleur par classification pixellaire et hiérarchie de partitions, Thèse de doctorat, Spécialité : Informatique, Université de Caen, Basse Normandie, Caen, France, (2005) 200 p.
- [36] - S. BERNABE GARCIA, Técnicas eficientes para extracciion de informacion en imagenes obtenidas de forma remota : Efficient algorithms for information retrieval from remote sensing images, Tesis Doctoral, University of Iceland, (2014) 163 p.
- [37] - MARYAM VAHABI, Computing Aggregate Quantities in Large-Scale and Dense Sensor Networks, Doctoral Program in Electrical and Computer Engineering, Universidade do Porto, (2016) 170 p.
- [38] - ITT Visual Information Solutions, ENVI Feature Extraction Module User's Guide, USA, (2008) 74 p.
- [39] - C. DOUMENGE, J-E. GARCIA YUSTE, S. GARTLAN, O. LANGRAND, ASSITOU NDINGA, Conservation de la biodiversité forestière en Afrique centrale : le réseau d'aires protégées est-il adéquat ?, *Bois et forêts des tropiques ; N° 268 (2), Aires protégées / Biodiversité*, (2001) 5 - 27 p.