

Contribution de la télédétection satellite et du SIG à la gestion durable des mangroves anthropisées de la forêt de la Mondah ; nord-ouest du Gabon

Saturnin Ndotit Manguiengha^{1*}, Christian Mikolo-Yobo^{1*}, Innocent Akpaca²,
Josiane Audrey Worah¹, Marcellin Nziengui³

¹Institut de Recherche en Ecologie Tropicale (IRET), Centre National de la Recherche Scientifique et Technique (CENAREST), BP. 13 354, Libreville-Gabon.

²Laboratoire de Géographie Rurale et d'Expertise Agricole (LAGREA)

³Organisation Internationale des Bois Tropicaux (OIBT), BP. 329, Libreville-Gabon.

Corresponding Author ; Saturnin Ndotit Manguiengha

Abstract: In Gabon, the current research is a contribution to the mangrove habitats' study through new information technologies such as Remote Sensing of the Mondah's forest which was selected for this study. This technology allows a straightforward processing of the basic geographical information. This study has for objective to acquire a scientific knowledge on the biological diversity of the specific habitats of mangroves and their dynamic. In this study, map land cover and dynamics of mangroves were produced from images of LANDSAT 7 (07/04/2000) and 27/02/2009 on one hand and from LANDSAT 5 (07/02/1990) on the other hand. The following supervised classifications were performed including after colorful compositions, improvement of global contrast, improved principal component analysis (PCA) and Minimum Noise Fraction (MNF). The vegetation maps of the area, mangroves dynamics and size estimate of the resource from 1990 to 2009 have been carried out on a basis of field data, topographic map and the directional classification by the method of maximum likelihood of satellite images (Landsat 5 and 7). This method allows us to differentiate the mangroves, Water, the Mudflats, degraded and cleared forests, dense forests, savannahs and plantations as well as clouds, urban areas and bare soil. In the study, land cover maps produced showed an increase in size of monospecific mangrove landscapes in area from 33 000.12 ha (1990), 39 275.82 ha (2000) to 39 285.81 ha (2009) out of a total of 238 365.09 ha of watered land size. From remote sensing treatment, high-resolution satellite data have proven their effectiveness in measuring watered land size, land cards' establishment in coastal and estuarine environments (Kwassi Abila, 2002). Thus, this method represents a valuable tool for monitoring the ecology of mangrove ecosystems as well as the integrated management of coastal areas.

Keywords: Mangroves' ecosystems, Mapping, Forest dynamic, Remote Sensing, Satellite Image, Mondah's forest.

Date of Submission: 20-10-2019

Date of acceptance: 03-11-2019

I. Introduction

1.1. Contexte et Objectifs

Les forêts denses humides du bassin du Congo couvrant environ 200 millions d'hectares (soit 6% de la superficie totale des forêts du monde) comprennent les forêts littorales, intermédiaires, les forêts inondées et de mangroves, et jouent un rôle prépondérant dans les économies nationales et locales de ces pays (Etats des forêts, 2010). A raison de leur importance, ces forêts sont notamment soumises à des pressions anthropiques variées (déforestation et dégradation) vu qu'elles : i) hébergent une biodiversité importante, ii) sont sources de nourriture pour plus de 60 millions de personnes (Etats des forêts 2010), et iii) abritent environ 44 millions hectares de forêts attribuées à des concessions forestières (soit 8.3% de la surface totale des terres de la région) (Megevand, 2013).

Les forces anthropiques à l'origine de la déforestation et de la dégradation de ces forêts denses humides sont nombreuses et variées (Debroux, 1986). Parmi ces forces anthropiques, on peut citer l'exploitation intensive et non durable des ressources naturelles qui sont accélérées par les phénomènes suivants: i) l'expansion urbaine due à l'exode rural et la croissance démographique, ii) l'exploitation forestière et minière anarchique, iii) l'extraction du bois de chauffe et la production du charbon pour l'énergie domestique), iv) le développement de l'agriculture extensive et itinérante sur brûlis, v) la mise en œuvre des grands programmes d'émergence dans lesquels de nombreux pays de la sous-région se sont récemment engagés pour le

développement des infrastructures et du tissu industriel, et vi) la baisse de la rente pétrolière entraînant ainsi une forte dépendance des économies nationales et locales vis-à-vis des ressources naturelles hors pétrole.

Une des conséquences directes de l'impact de ces forces anthropiques, est la diminution de la couverture végétale des forêts denses humides qui n'épargnent pas aussi les forêts de mangrove dans de nombreuses régions d'Afrique de l'ouest et du centre. Selon un récent rapport de la FAO (2010) sur le "Global Forest Resources Assessment 2010", il a été démontré que sur une période de 20 ans (1990 à 2010), l'Afrique de l'ouest et du centre, à elle seules a subi une perte de plus de 29% (878 000 ha) de la superficie totale des forêts de mangroves africains. Entre 1980 et 2006, Emily et al (2007) et Fatoyinbo et al (2008) ont montré que, les mangroves d'Afrique de l'ouest et du centre ont perdu un cinquième de la superficie totale des forêts de mangroves mondiales ; soit une perte d'environ 25% de sa superficie.

Le déclin de ces écosystèmes est souvent le résultat de la méconnaissance de la valeur éco systémique de ces espaces forestiers et leur non prise en compte dans les politiques nationales et régionales de protection des ressources naturelles et d'aménagement forestier par les décideurs politiques (FAO, 2007). Ainsi, en absence de mesures correctives, la perte des espaces de mangroves de ces régions va donc continuer dans les années avenir (Mcleoa and Slam, 2006). Pallier au problème de manque d'information et de planification de la gestion durable des écosystèmes de mangroves nécessite donc la collecte des données scientifiques sur la dynamique spatio-temporelle de la distribution de mangroves dans ces régions, notamment au Gabon où les mangroves sont largement rencontrées dans la zone littorale ou costale du pays.

La côte gabonaise longue d'environ 950 km est occupée de mangroves couvrant une superficie d'environ 2.5 ha (1,66% de la superficie mondiale) alors qu'à l'échelle nationale, elles couvrent tout l'espace côtier avec une occupation inégale du territoire national (Ondo Assoumou, 2011).

Pour leur gestion durable, la dynamique et l'évolution du phénomène de dégradation des écosystèmes de mangroves reste encore peu étudiées de manière quantitative et qualitative dans de nombreux pays du bassin du Congo, particulièrement au Gabon. Parmi les rares études disponibles à l'échelle local, il ya les études d'Atsima (2008) dans les villages Moka et de Ndombi (2007) dans la baie de la Mondah qui révèlent que le niveau de prélèvement d'espèces ligneuses est important. Quant à l'initiative de Global Forest Watch (GFW), elle a contribué à mettre en place les mesures suivantes : i) une plateforme web interactive, et ii) un système de suivi et d'alerte sur la dynamique et l'évolution spatio-temporelle des écosystèmes forestiers du bassin du Congo. Toutefois, cette initiative a peu mis l'accent sur la dynamique et l'évolution spatio-temporelle des écosystèmes de forêts inondées et de mangroves. Ces écosystèmes sont reconnus comme utiles pour l'être humain et représentent des milieux biologiques et écologiques riches en biodiversité floristiques, faunique et halieutiques.

En rapport avec les initiatives étatiques de protection et de conservation des ressources naturelles en général et des zones humides en particulier, il est important de souligner les efforts du gouvernement gabonais en matière de signature des conventions sur les zones humides fragiles dénommée « RAMSAR » en 2 février 1971. A cela s'ajoute plusieurs programmes et projets de conservation et de gestion rationnelle des ressources naturelles tel que le Projet « Stratégie Nationale et Plan d'Action en matière de Biodiversité » orienté dans le renforcement de la gestion, la conservation et le développement durable des ressources du pays. 13 parcs nationaux ont été établis à travers tout le pays depuis 2002 suivi de l'élaboration de la loi sur les parcs nationaux en 2007.

Cette étude est donc une contribution à l'étude de la dynamique de l'évolution de l'état de dégradation des mangroves de la forêt de la Mondah située au nord-ouest du Gabon par la synergie entre la télédétection (imageries satellitaires) et le SIG (collecte des données de terrain et la cartographie) pour une gestion durable de cet écosystème forestier fragile et menacé suite à une série de mesures étatiques de déclassement de la forêt de cette zone. Les questions de recherches suivantes seront explorées : i) Qu'elle est la répartition quantitative des écosystèmes de la zone d'étude en termes de forêt dense, claire, dégradée, savanes et plantations, vasière et de zone urbaine, ii) Qu'elle est la dynamique spatio-temporelle des écosystèmes de cette zone d'étude entre les périodes de 1990 à 2009 ; iii) Qu'elle est la caractérisation et la dynamique de la végétation de mangroves de cette zone d'étude; et iv) Quelles suggestions peuvent être faites sur la synergie entre la télédétection (imageries satellitaires) et le SIG (collecte des données de terrain et la cartographie) comme outils de gestion durable des écosystèmes fragiles et menacés ?.

1.2. Description du site d'étude

Cette étude, menée dans la zone nord-ouest de la province de l'Estuaire (Gabon), se focalise aux alentours de la forêt de la baie de la Mondah (0° 36' 0'' de Latitude Nord et à 9° 36' 0'' de Longitude Est) (Figure 1). Cette zone, bénéficiant d'un climat équatorial de transition de type austral avec quatre saisons bien distinctes dont deux saisons sèches et deux saisons de pluies (Vandeweghe, 2005), jonche le parc national d'Akanda. Géographiquement, cette zone est limitée au nord par la baie de Corisco, à l'ouest par l'océan

Atlantique, au sud par les villes de Libreville de Ntoum, et les villages de Bizango, Bikélé, Nkoltang, Bissobilam, Okolassi. A l'est, par les villages Nzog bour, Akok, Ayene fala, et Mikolongu.



Figure 1 : Localisation du site d'étude dans la province de l'estuaire au Gabon

Du point de vue géologie et couverture du sol, la forêt de la Mondah s'inscrit dans le cadre géologique du bassin sédimentaire côtier gabonais d'âge créacé avec une partie des mangroves de la Mondah s'établissant directement sur le substrat calcaire ou gréseux. La zone côtière est généralement une région de basse altitude caractérisée par de vastes zones de mangroves à palétuviers bordant les estuaires notamment la baie de la Mondah, avec une élévation d'altitude plus on s'enfonce vers l'intérieur de la zone côtière (bassin de la Noya, du Nzeme et du Komo, la vallée de la Noya, la région des Monts de Cristal (Lebigre et Tourne, 1969). La végétation de la baie de la Mondah était jadis de type ombrophile appartenant au bassin guinéo congolais et couvrant la quasi-totalité de la baie (Mengome Ango, 2007). Cet écosystème était particulièrement riche en espèces forestières exploitables telle que l'okoumé (*Okoumea klaineana*), notamment dans la zone de la forêt classée de la Mondah. Toutefois, suite au déclassement de la forêt de la Mondah, la richesse floristique de cet écosystème a été fragilisée par l'action anthropique telle que l'extraction des bancs de sable et de du bois d'œuvre pour l'industrie forestière, la pharmacopée traditionnelle, et la construction des maisons d'habitation, etc (Ndombi, 2007, Atsima, 2008) et la pêche. La pêche étant reconnue comme une activité dominante dans la région est principalement pratiquée par des pêcheurs migrants en provenance des autres pays de la côte ouest africaine (Vande whege 2005 ; Rabenkongo 1998). Le bois extrait des mangroves sert principalement au fumage du poisson, particulièrement des *Ethmaloses* (Vande whege 2005, Lebigre 1983, Rabenkongo 1998).

Bien que les mangroves du Gabon soient encore très peu perturbées et que les superficies détruites et dégradées de mangroves sont estimées à un taux de moins de 3% (Ndombi, 2007), cependant peu ou pas du tout de données existent sur la dynamique et l'état d'évolution de la mangrove de la baie de la Mondah, particulièrement suite au déclassement de la forêt de la Mondah.

II. Matériel Et Methodes

2.1 Collecte et traitement de données

2.1.1 Collecte de Données

2.1.1.1 Données de Télédétection et de Cartographie

Les supports de télédétections utilisés ici proviennent de l'Agence Gabonaise d'Etudes et d'Observation Spatiale (AGEOS) pour les Images satellites dont LANDSAT 7 du 07/04/2000, du 27/02/2009 et celle de LANDSAT 5 du 07/02/1990. La carte topographique de Libreville nord réalisée par l'Institut National de Cartographie, provient quant à elle du Laboratoire Géomatique de l'Ecole nationale des Eaux et Forêts. Les fichiers Shapefiles sur les limites administratives du Gabon réalisés par World Resources Institute Gabon (WRI Gabon) et les Shapefiles des trouées (surface de mangroves détruites) de mangroves proviennent de l'Agence

Nationale des Parcs Nationaux (ANPN). Toutes les images satellites ont été prises en saison de pluie et la carte topographique datant de 2005. Une carte plus récente et plus détaillée accompagnée d'une image satellite prise en saison sèche aurait mieux permis de discriminer plus en détail les changements sur le terrain.

2.1.1.2. Données terrain ou vectorielles

Les visites de terrains ont principalement eu lieu à Malibé I autour du débarcadère et aux abords du fleuve Angondjé. Compte tenu de leur distance et de l'accès difficile qui nécessite une logistique plus importante, les mangroves océaniques n'ont pas pu être visitées. Seuls les deux fleuves d'Angondjé et de Malibé I ont été inspectés.

Site d'Angondjé

Dans la zone d'Angondjé, la mangrove couvre pratiquement toute l'étendue de la rivière. Ici, les mangroves qui grandissent dans de l'eau saumâtre sont composées de beaucoup de sédiment. Le sol observé est plat, mou ou boueux, c'est la vase. Elle est constituée de limons et d'argiles (Ondo Assoumou, 2011). On touche, ce sol contient également du sable. Sur le site, on trouve également, sur un espace réduit, quelques pieds de grands *Rhizophora* à grande taille (plus de 5 m) sur le bord sec et les zones moins inondées. L'espèce qui peuple ce bout de rivière Angondjé est Le ***Rhizophora racemosa***. Les *Rhizophora* de cette zone s'identifient par l'homogénéité de la taille des arbres à l'intérieur d'une même formation. Ils ont de petites tailles, les plus grands ne dépassent pas les 3 m. Le diamètre de tiges varie entre 5 cm et 15 cm. Le recouvrement du sol est médiocre à certains endroits et les palétuviers sont de teinte claire.

Pour estimer la densité des mangroves dans cette zone, deux quadras ont été mis en place. Un quadrat de 5m x 5m avec 50 pieds comptés et un de 5m x 5m avec 10 pieds. Le premier quadrat a été placé dans une zone de densément peuplée et la densité trouvée est dans cette zone est 2 pieds/m². Le deuxième quadrat, dans une zone faiblement peuplée et la densité trouvée est 0,4 pieds/m². Ainsi, pour cette zone d'Agondjé, la densité totale est 1,2 pieds/m². Il faut noter qu'en plus des points GPS prélevés, des photos et des échantillons ont été également prises pour l'identification des espèces au laboratoire.

Site de Malibé I

Dans la zone de Malibé I, la mangrove se développe à la surface d'une dalle rocheuse. Lebigre (1983) affirme que cette dalle présente un faciès à huîtres et un faciès grésocalcaire. Les platiers formés par les dalles sont parsemés de formes d'érosion (présence d'alvéoles, sillons dans le sens du courant, etc.). Sillons et alvéoles au sein desquels se déposent des couches de sédiments ou vase peu profondément enfouis et qui permettent aux mangroves de développer. A certains endroits, le sol est plat et on y trouve des pieds qui se développent de manière isolée.

Dans cette zone, les mangroves ressemblent à des sortes de forêt à bosquets sur dalles rocheuse. Cette configuration est le fait de la concentration de vase d'une zone à une autre.

Les *Rhizophora* de cette zone s'identifient par l'hétérogénéité de la taille des arbres à l'intérieur d'une même formation. Certains palétuviers ont des tailles dépassant les 3 m et d'autres sont de petites tailles (environ 1-2m). Les feuilles de palétuviers sont de teinte sombre et le diamètre de tige varie entre 20 et 30 cm. Plusieurs espèces ont été identifiées notamment le *Rhizophora racemosa*, *Avicenia germinanse* et *Phoenix reclinata* mais l'espèce la plus rependue est le ***Rizophora racemosa***.

Ici, le sol est armé par un réseau inextricable de racines. Comme à Agondjé, deux quadras de 5m sur 5m ont été réalisés pour estimer la densité de mangroves. L'un des quadras nous a donné 60 pieds et l'autre 75 pieds. La densité approximative de cette zone ainsi estimée est d'environ 2,7 pieds/m². Ici aussi des points GPS des échantillons et des photos de plantes ont été également prises pour analyse au laboratoire afin d'identifier les espèces.

Les données terrain sur les trouées ont été réalisées à l'aide d'un GPS Garmin. A l'aide des images satellites de la zone, les trouées sont identifiées et listées par zone préalablement au laboratoire. Puis des missions de reconnaissance sur terrain sont effectuées.

2.1.2 Traitement des Données

2.1.2.1 Données de Télédétection

Des travaux sur le terrain effectué en 2013 par l'Agence nationale de parcs nationaux (ANPN) ont été utilisés pour l'estimation des pertes de superficie de mangrove. La carte cartographique de 2005 de Libreville nord à 1 / 200 000 utilisée a permis le repérage des zones d'entraînement et des zones tests lors d'une mission terrain. Leurs coordonnées ont été relevées à l'aide d'un système de positionnement global (GPS). D'autres missions sur le terrain ont été effectuées pour valider la classification. Deux sites ont servi pour la collecte de données terrain, le site de Malibé I autour du débarcadère et aux abords du fleuve Angondjé. Les sites étant difficiles d'accès, des quadras de 10m² (deux par site) ont été installées pour estimer la densité du couvert

végétale. En plus des quadras, la mangrove a été caractérisée, des photographies et quelques échantillons ont été prélevés pour analyse en laboratoire.

Une composition colorée 5-4-3 a été appliquée à toutes les images c'est-à-dire la bande 5 dans le rouge, la bande 4 dans le vert et la bande 3 dans le bleu¹. Cette composition colorée a permis de mieux visualiser la végétation (Blondel et al, 1990). Après cette étape, les images ont été découpées afin d'extraire la zone d'étude puis une analyse visuelle a été effectuée (Cf. figure 2). Les prétraitements effectués sont Seules les corrections radiométriques ont été appliquées aux images notamment 1) Amélioration du contraste global, 2) Amélioration en composante principale (ACP) et 3) Fraction de Bruit Minimum en anglais Minimum Noise Fraction (MNF) pour les corrections radiométriques et pour les corrections géométriques seule la projection au système de référence locale (Gtm) a été appliquée car images reçues étaient déjà géométriquement rectifiées (voir Tableau 1).

Tableau 1 : Caractéristiques de Système de projection au Gabon

Paramètres	UTM	GTM
1. Type de projection	Universal Transverse Mercator	Gabon Mercator Transverse
2. Ellipsoïde	Clarke 1880	WGS84
4.Datum	Clarke 1880	WGS84
4. Facteur d'échelle	0.9996	0.9996
5. Longitude	15°	12°
6. Latitude	0°	0°
7.Xo	500 000 mètres	500 000 mètres
8.Yo	10 000 000 mètres	500 000 mètres

Réalisation : Ndotit, 2013

De la carte topographique de Libreville Nord et des traitements d'image faits précédemment, Neuf (9) classes thématiques représentatifs de l'occupation du sol ont été identifiées pour toutes les images (tableau2).

Tableau 2 : Typologie des thèmes

N°	Entités géographiques	Code	Couleur	Echantillons	Pixels	Sémiologie	Support de l'information
1	Mangroves	M	Cyan3	129/7	87481	Polygones/Polygones	Image optique Landsat
2	Eau	E	Bleu	78	1685	Polygones	Image optique Landsat
3	Vasière	V	Purple1	26	1163	Polygones	Image optique Landsat
4	Forêt dégradée	FD	Green	15	8646	Polygones	Image optique Landsat
5	Forêt claire	FC	Green1				
6	Forêt dense	FD	Green 3	47	22723	Polygones	Image optique Landsat
7	Savanes et plantations	SP	Yellow	8	440	Polygones	Image optique Landsat
8	Nuages	N	White	26	1760	Polygones	Image optique Landsat
9	Zone urbaine et Sol	ZUS	Magenta	6/24	1277	Polygones/Polygones	Image optique Landsat

Réalisation : S. Ndotit, 2013

A partir des zones d'intérêts identifiées, une classification supervisée par la méthode de maximum de vraisemblance a été appliquée aux images pour la réalisation de la classification car c'est une méthode paramétrique à distribution dite normale qui tient compte des probabilités de l'orientation et de la distribution dans l'espace. Pour avoir une classification la plus juste et la plus fine possible, un seuil de rejet fort (98%) a été retenu. Ce seuil de rejet, représente la probabilité minimale d'appartenance d'un pixel à une classe pour qu'il soit classifié (Duminil T., 2007). Une fois la classification terminée, des matrices de confusion ont été déterminées pour valider les résultats de la classification. Aux matrices de confusion, des indices de séparabilités ont également été calculées. Puis une post classification a été effectuée pour l'homogénéisation des images classifiées. Elle permet de grouper et de ranger les objets à décrire.

III. Resultats

3.1 Résultat 1 : Interprétation visuelle des images Landsat ; la classification et la validation de la classification de ces images en groupes de classe

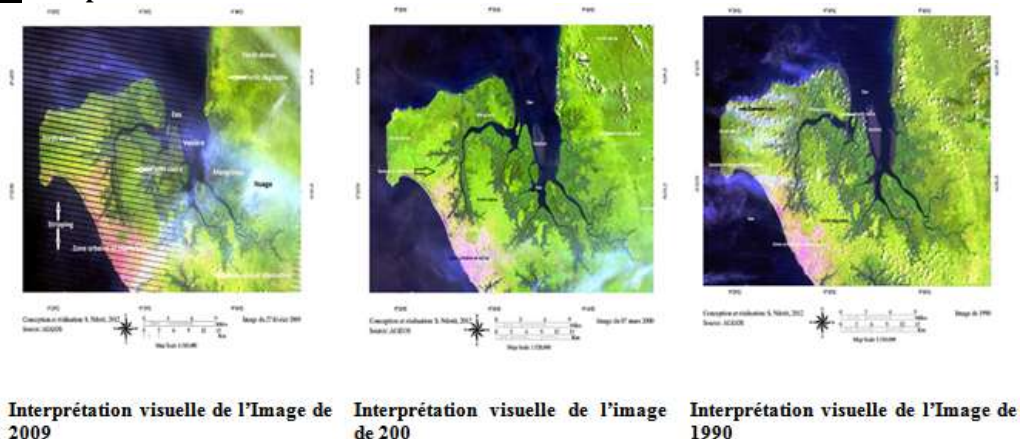
3.1.1 Interprétation visuelle

La Planche 1 est composée de trois images de même composition colorée de 5-4-3 et sur lesquelles les zones d'apprentissages sont identifiées. Ici, les résultats sont quasiment identiques. Ces zones d'apprentissage

¹ 3 (bande spectrale rouge), 4 (proche infrarouge) et 5 (moyen infra rouge), qui font le mieux ressortir la végétation.

regroupées en classes (Mangroves, Vasière, Forêt dense, Forêt claire, Forêt dégradée, Savanes et plantations, Zone urbaine et sol nu, Nuage et ombres et Eau) sont représentées sur les figures 12, 13 et 14.

Planche1 : Interprétation visuelle

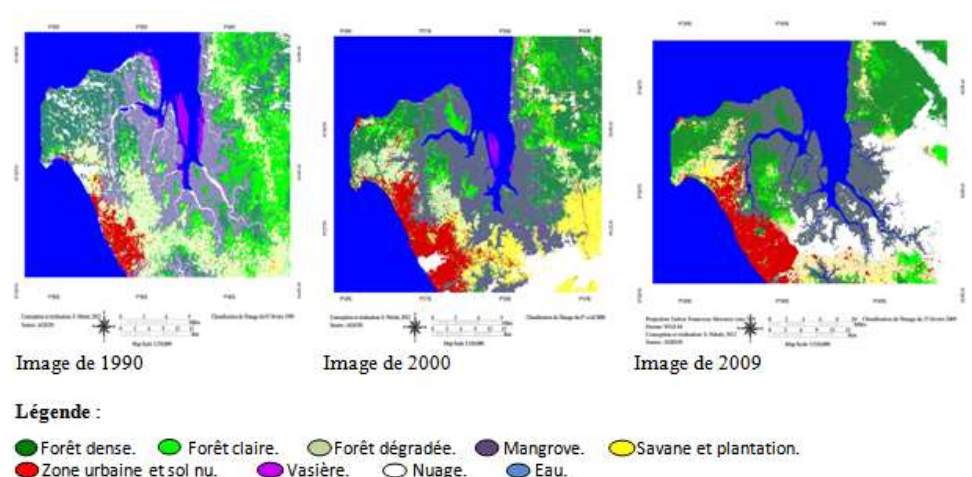


3.1.2 Classification

Le résultat de la classification nous renseigne sur les grands thèmes qui occupent le sol, sur leur physionomie et sur leur proportion (Planche 2). Les classes doivent, à la fois, être bien discriminées entre elles et communes aux trois images (Grzegorz et al, 2009). L'examen des cartes et la quantification des surfaces couvertes à chacune des dates conduit à établir les constats suivants. Les couvertures végétales les plus importantes en 1990 sont celles qui relèvent de la forêt dense, suivi des mangroves, forêt claire, forêt dégradée puis les savanes et plantations avec respectivement 36971,1 ha, 33 000,12 ha, 32 014,08 ha, 27 676, 98 ha et 5 922,36 ha de superficie. En 2000, les plus importantes sont les Mangroves, les Forêts denses, les Savanes et plantations, les Forêts dégradées puis les Forêts claires avec respectivement 39 275,82 ha, 37 148,31 ha, 19 661,04 ha, 14 401,89 ha puis 11 994,93 ha de superficie. Puis en 2009, on a les Mangroves, les Forêts denses, les Forêts dégradées, les Forêts claires et les Savanes et plantations avec respectivement 39 285,81 ha, 31 152,51 ha, 17 804,61 ha, 7 243,29 ha puis 1 702,35 ha.

La couche Mangroves est la plus importante de la zone étudiée. Ainsi, elles couvrent une superficie d'environ 33 000,12 ha en 1990, 39 275,82 ha en 2000 et 39 285,81 ha en 2009.

Planche2 : Classification des images Landsat



3.1.3 Validation de la classification

3.1.3.1 Matrice de confusion

La précision d'une classification est fournie par une matrice de confusion. La matrice de confusion offre une mesure quantitative de la qualité de l'échantillonnage et de la « séparabilité » des classes. Elle estime la précision d'une classification (Tableau 3) qui tient compte des erreurs en ligne et en colonne (Congalton, 1991).

Tableau 3 : Matrice de confusion du résultat de la classification.

Coefficient	Image de 1990	Image de 2000	Image de 2009
MPCC	82,59 %	82,69 %	80,1 %

3.1.3.2 Indice de séparabilité

Les résultats de l'indice de séparabilité nous montrent (Tableau 4) que la séparabilité des signatures spectrales à partir des distances entre les différents noyaux démontre que les thèmes retenus sont séparables (pour certaines classes), les distances minimales et maximales étant respectivement 1,16 et 2,00 en 1990 ; 0,59 et 2,00 en 2000 puis 1,14 et 2,00 en 2009. Compte tenu de la qualité des images et de la résolution des images (30m x 30m), on observe plusieurs confusions de classes lors de la classification.

Ainsi, seules les classes Forêts claires, Forêts denses, Savanes et plantations puis Forêts dégradées ont un plus faible facteur de séparabilité pour l'image de 2000. Cela met encore l'accent sur la forte similitude qui existe entre ces différentes classes. Il faut noter que ces différentes classes peuvent être confondues dans l'interprétation selon que l'on soit dans l'image 1990, 2000 ou 2009.

Tableau 4 : Indice de Séparabilité (Pair Separation : least to most)

Paires de classes	1990	2000	2009
Mangrove [Cyan2] and Forêt dense [Green3]	1.16942935	1.72075841	1.14986588
Forêt claire [Green1] and Forêt dégradée [Green]	1.38170526	1.39797103	1.14684909
Forêt claire [Green1] and Forêt dense [Green3]	1.56293088	0.81532034	1.75352434
Savane et plantation [Yellow] and Forêt dégradée [Green]	1.63626107	0.59091187	1.51425192
Mangrove [Cyan2] and Nuage [White]	1.77458062	1.83822530	1.23466839
Nuage [White] 303 points and Forêt dense [Green3] 28237 points	1.78131214	1.96707440	1.39283731
Forêt dense [Green3] and Forêt dégradée [Green]	1.82851395	1.36618726	1.93441927
Mangrove [Cyan2] and Forêt claire [Green1]	1.91992246	1.95049425	1.94836221
Zone urbaine et sol nu [Magenta] and Forêt dégradée [Green]	1.93682310	1.78942112	1.95418575
Zone urbaine et sol nu [Magenta] and Forêt dense [Green3]	1.94302984	1.90280795	1.94578993
Mangrove [Cyan2] and Forêt dégradée [Green]	1.96263673	1.97566254	1.99548097
Zone urbaine et sol nu [Magenta] and Nuage [White]	1.97222767	1.95309666	1.98922678
Mangrove [Cyan2] and Zone urbaine et sol nu [Magenta]	1.97412222	1.97768630	1.96647844
Savane et plantation [Yellow] and Forêt claire [Green1]	1.98467315	1.64287461	1.97041076
Savane et plantation [Yellow] and Zone urbaine et sol nu [Magenta]	1.98527423	1.75328275	1.97063045
Forêt claire [Green1] and Zone urbaine et sol nu [Magenta]	1.99203442	1.93811630	1.96297689
Savane et plantation [Yellow] and Forêt dense [Green3]	1.99290219	1.59397299	1.99974679
Savane et plantation [Yellow] and Nuage [White]	1.99395302	1.96586932	1.99858885
Forêt claire [Green1] and Nuage [White]	1.99697676	1.99243699	1.77953642
Nuage [White] and Forêt dégradée [Green]	1.99717432	1.98795266	1.89325179
Mangrove [Cyan2] and Vasière [Purple2]	1.99737496	1.98954141	1.96575305
Nuage [White] and Vasière [Purple2]	1.99802168	1.99732293	1.99934202
Mangrove [Cyan2] and Savane et plantation [Yellow]	1.99932748	1.96027120	1.99999766
Eau [Blue2] and Nuage [White]	1.99957900	1.99952753	1.99985189
Eau [Blue2] and Vasière [Purple2]	1.99976761	1.99997273	1.91615363
Vasière [Purple2] and Forêt dense [Green3]	1.99997593	2.00000000	1.99773535
Mangrove [Cyan2] and Eau [Blue2]	1.99999314	1.99997283	1.99764762
Eau [Blue2] and Forêt dense [Green3]	1.99999969	2.00000000	1.99976986
Vasière [Purple2] and Forêt dégradée [Green]	2.00000000	2.00000000	2.00000000
Forêt claire [Green1] and Vasière [Purple2]	2.00000000	2.00000000	1.99999997
Forêt claire [Green1] and Eau [Blue2]	2.00000000	2.00000000	2.00000000
Zone urbaine et sol nu [Magenta] and Vasière [Purple2]	2.00000000	1.99999706	1.99969553
Savane et plantation [Yellow] and Vasière [Purple2]	2.00000000	2.00000000	2.00000000
Zone urbaine et sol nu [Magenta] and Eau [Blue2]	2.00000000	1.99999997	1.99992244
Savane et plantation [Yellow] and Eau [Blue2]	2.00000000	2.00000000	2.00000000
Eau [Blue2] and Forêt dégradée [Green]	2.00000000	2.00000000	2.00000000

Réalisation : S. Ndotit, 2013

3.2 Résultat 2 : Cartographie thématique de la zone d'étude de 1990 à 2009

Une carte thématique illustre la répartition spatiale des données relatives à un ou plusieurs thèmes particuliers des secteurs géographiques choisis. La Planche 3 montre l'état de l'occupation du sol pendant les trois dates mais également la dynamique de la couverture végétale en générale et de la mangrove en particulier dans la zone nord de Libreville.

3.2.1 Aspect du couvert végétal en 1990

La première image représente la carte de l'occupation de sol et particulièrement celle des mangroves en 1990. Cette carte a été établie à partir de l'analyse visuelle de l'image Landsat de 1990 et de la carte topographie de Libreville nord de 2005 (Annexes 2). La carte d'occupation de sol obtenue fait ressortir les grands thèmes : Forêt dense : 36 971,1 ha, Forêt claire : 32 014,08 ha, Forêt dégradée : 27676, 98 ha, Savane/plantation : 5922,36 ha, Zone urbaine/ sol nu : 5787,45 ha et Mangroves : 33000,12 ha. Sur une superficie totale d'environ 238 365,09 ha, la Forêt occupe 40,55 %, la zone urbaine/sol nu 4,85 % et la Mangrove 13,67 % (Tableau 5). Cette proportion, notons-le, s'avoisine de celle obtenue par la classification effectuée ci-dessus.

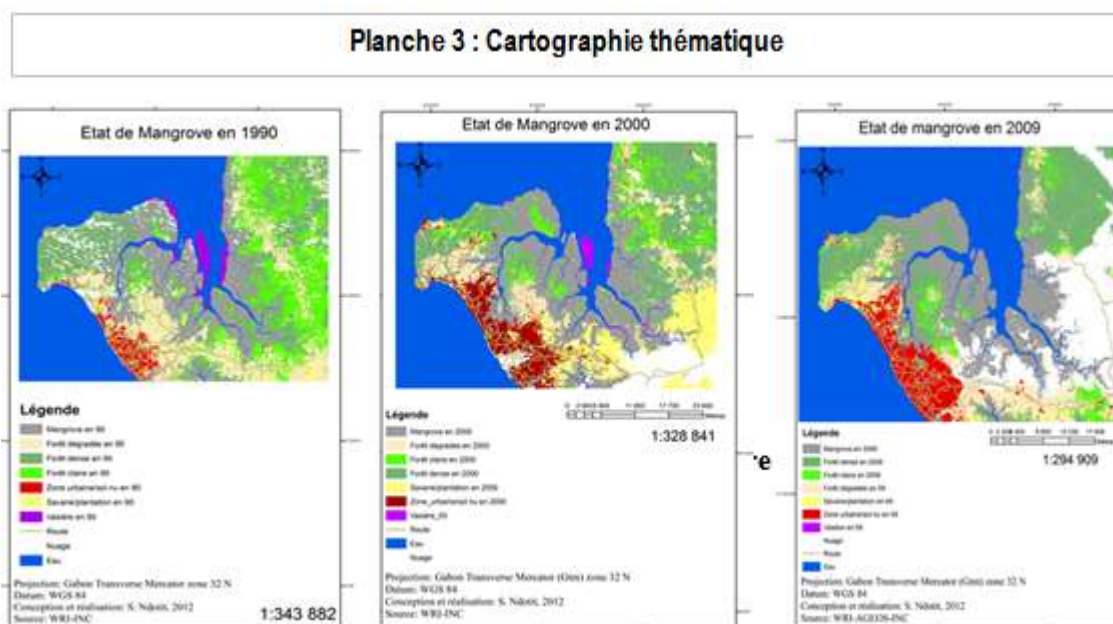
3.2.2 Aspect du couvert végétal en 2000

La deuxième image représente la carte d'occupation du sol de la zone d'étude en 2000, cette carte est issue de l'analyse visuelle et de la classification de l'image satellite LANDSAT du 07 avril 2000. Les grands thèmes que fait ressortir cette carte sont : Forêt dense : 37 148,31 ha, Forêt claire : 11 994,93 ha, Forêt dégradée : 14 401,89 ha, Savane/plantation : 19 661,04 ha, Zone urbaine/ sol nu : 14 594,67 ha et Mangroves : 39 275,82 ha. Sur une superficie totale d'environ 238 365,09 ha, la Forêt occupe 26,65 %, la zone urbaine/sol nu 6,19 % et la Mangrove 16,65 % (Tableau 5).

3.2.3 Aspect du couvert végétal en 2009

La troisième image représente la carte d'occupation de sol en 2009, cette carte est le résultat de l'analyse visuelle et de la classification de l'image LANDSAT du 27 février 2009.

Nous avons également calculé la répartition de la Forêt, de la Zone urbaine et de la Mangrove à cette année. Nous obtenons les résultats suivants : pour une superficie totale de 238 365,09 ha, nous avons la distribution suivante : Forêt 56 200,41 ha, Zone urbaine 13 232,34 ha et Mangrove 39 285,81 ha, soit respectivement 23,58%, 5,55% et 16,48% (Tableau 5).



Résultat 3 : Cartographie de la dynamique paysagère en fonction des trois classes suiv

3.3 Planches : le milieu urbain (les savanes, plantations, zone urbaine et sol nu), le milieu forestier (les forêts denses, claires et dégradées) et le milieu constitué uniquement des mangroves.

La couverture de mangrove a largement évolué entre les périodes 1990 et 2009. Durant ces 19 ans, la mangrove s'est étendue de 6285,69 ha par contre entre 2000 et 2009, elle n'a gagné que 9,99 ha de superficie (Tableau 5).

Tableau 5 : Evolution temporelle de l'espace

Classes	1990		2000		2009		Evaluation temporelle (ha/19ans)	Evaluation annuelle (ha/an)
	Ha	%	Ha	%	Ha	%		
Forêt dense	36 971,1	15,51	37 148,31	15,58	31 152,51	13,07	-5818,59	306,24
Forêt claire	32 014,08	13,43	11 994,93	5,03	7 243,29	3,04	-24770,79	1303,73
Forêt dégradée	27 676,98	11,61	14 401,89	6,04	17 804,61	7,47	-9872,37	519,60
Mangrove	33 000,12	13,84	39 275,82	16,47	39 285,81	16,48	6285,69	330,83
Savane/plantation	5 922,36	2,48	19 661,04	8,25	1 702,35	0,71	-4220,01	222,11
Zone urbaine/sol nu	5 787,45	2,43	14 594,67	6,12	13 232,34	5,55	7444,89	391,84
Total	141372,09	59,3	137076,66	57,49	110420,91	46,32		

Réalisation : S. Ndotit, 2013

Si la couverture de Mangroves a nettement évolué au fil du temps, la couverture de la Forêt dense quant à elle a oscillé de 36971,1 ha, 37 148,31 ha et 31 152,51 ha entre 1990 et 2009. Par contre la couverture des Forêts claires, des Savanes/plantations et les Forêts dégradées ont régressées entre cette même période.

L'occupation humaine dans cet espace montre également qu'elle a augmenté au fil du temps. En effet, concentré uniquement le long de la côte librevilloise en 1990, elle s'étend en 2000 de 14 594,67 ha contre 5 787,45 ha en 1990, soit une augmentation de 8 807,22 ha. Puis en 2009, 13 232,34 ha. Cette dernière superficie est tout simplement due à la forte présence des nuages dans la partie sud-est et nord-est, concentration des nuages empêchant la visibilité de la zone urbaine.

La carte de la dynamique d'une classe d'occupation du sol vers une autre à des périodes différentes est appréciée à travers la réduction ou l'augmentation de la superficie de l'unité initiale. Ainsi un bilan peut être dégagé par unité ce qui permet une analyse fine de chaque changement opéré et son explication à partir de la localisation du changement.

Pour mieux apprécier la dynamique dans notre étude, trois classes ont été retenues : le milieu urbain qui regroupe les classes savanes/plantation et zone urbaine/sol nu ; le milieu forestier qui regroupe les trois classes de forêts (forêt dense, forêt claire et forêt dégradée) puis le milieu mangrove qui ne comporte que la seule classe mangrove. Nous avons ainsi, trois types de dynamique : la dynamique urbaine (Planche 5B), la dynamique forestière (Planche 4) et celle de la mangrove (Planche 5A).

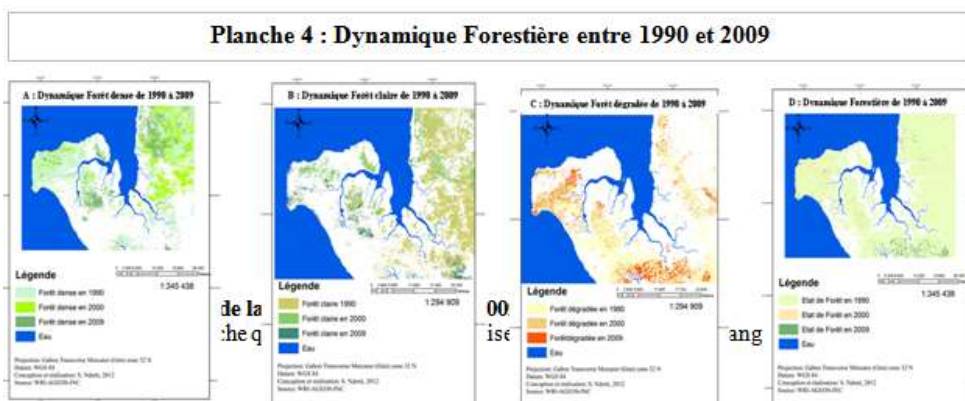
3.3.1 Dynamique urbaine

Cette carte matérialise la dynamique des espaces en occupation humaine entre 1990 et 2009 (Planche 5B). Entre 1990 et 2000, cette évolution s'est faite de manière exponentielle où l'occupation du sol s'est accentuée au centre et plus au nord de la Capitale gabonaise. Cette extension s'est établie certainement au travers de la recherche d'un espace habitable et de l'activité économique.

En plus de cette expansion urbaine, il y a également un gain assez prononcé en espace par les cultures/jachères et les savanes en 2000. Cette situation semblerait être un indicateur pour montrer l'impact de l'augmentation de la population notamment dans la périphérie urbaine (Planche 5B).

3.3.2 Dynamique forestière

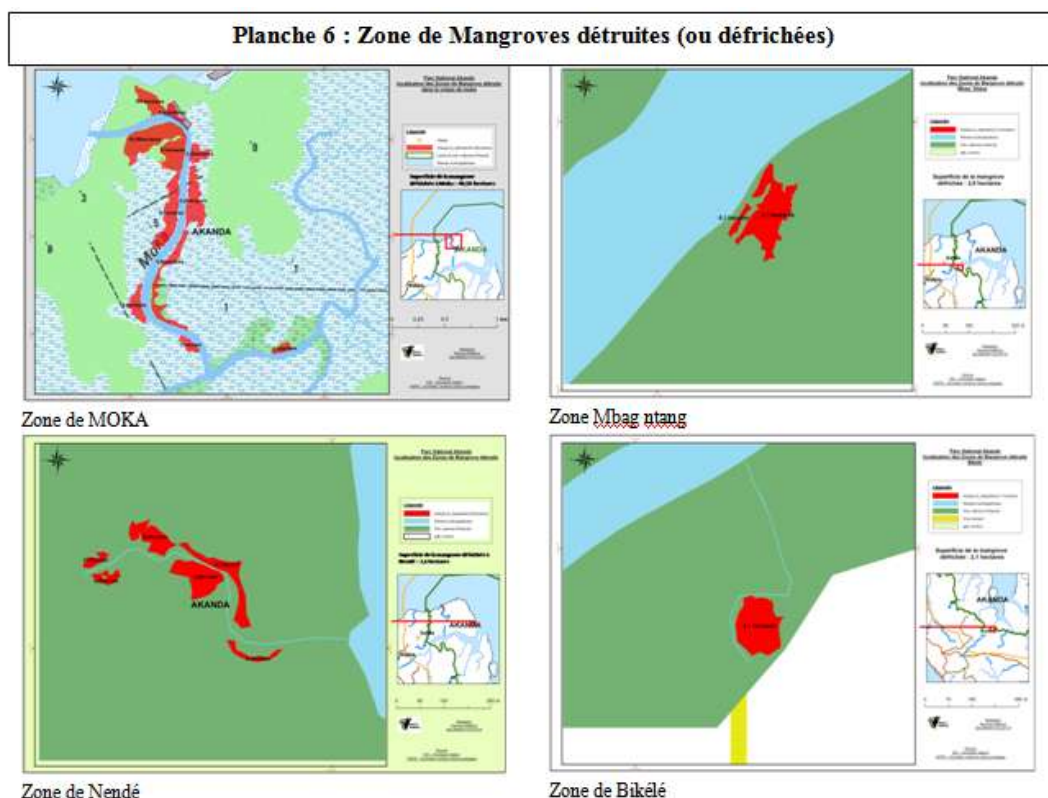
Cette carte matérialise la dynamique des espaces en richesse forestière entre 1990 et 2009 (Planche 4). La dynamique forestière entre 1990 et 2009 y est visible. La répartition de ces variables est assez diffuse dans la zone d'étude avec des préférences au nord-ouest, nord-est et une petite portion au sud. Cette carte montre les changements des forêts qui ont eu lieu durant 19 ans. Les couches représentées sont la Forêt dense, la Forêt claire et la Forêt dégradée. L'évolution de ces couches nous montre que la Forêt dégradée (Planche 4C) et la Forêt claire (Planche 4B) sont en nette régression tandis que celle de la Forêt dense oscille au fil des années (Planche 4A).



3.3.3 Dynamique de la mangrove de 1990 à 2009

Cette troisième Planche quant à elle nous matérialise la dynamique de la mangrove entre 1990 et 2009. La cartographie nous montre que la mangrove a perdu en espace dans sa partie sud pour en gagner dans sa partie nord entre 1990 et 2000. C'est également entre cette période qu'elle a vu sa superficie croître d'une manière exceptionnelle et gagne environ 6285,69 ha. En 2009, elle vient reconquérir l'espace perdu dans sa partie sud entre 1990 et 2000 (environ 9,99 ha). Toutefois, de 1990 à 2009 la superficie de mangrove s'est élargie (Planche 5A).

Il faut préciser que les images satellites en notre possession ne montrent pas que les mangroves ont subi certains dommages. Mais les visites de terrain quant à elles ont permis de relever plusieurs trouées de petites superficies à divers endroits de la zone d'étude (Planche 6). Ainsi, environ 57 ha de mangroves ont été détruite à Akanda soit 2,8 ha à Mbag ntang, 2,1 ha à Bikélé, 49,50 à Moka, 2,6 ha à Nendé.



IV. Discussion

Les traitements effectués sur les images ne font pas apparaître les zones de destructions de mangroves. Cela peut s'expliquer par deux faits. Le premier est que les repousses de mangroves constatées dans les zones détruites ont la même réflectance que les zones non détruites, les images laissent alors paraître ces zones comme des surfaces n'ayant subi aucun dommage. Le deuxième fait est que les résolutions des images utilisées (30m),

assez grandes par rapport à la taille des éléments au sol, ne permettent pas de discriminer les types de mangroves. Ainsi, seules ont été différenciés les types de forêts en forêt dense, Forêt dégradée et Forêt claire.

En observant l'évolution temporelle de la forêt au fil du temps, on se rend compte que la forêt a perdu de sa superficie. De 1986 à 2003, plus de 40461,75 hectares de forêts ont été dégradés, soit un rythme de 2 129,57 ha/an. Cela s'explique par les affirmations de Gérard (2007) et Chevalier et al. (2009) qui admettent l'hypothèse qu'il existe un important secteur informel de l'exploitation et de la transformation du bois d'œuvre. Il serait alimenté par des forêts localisées hors des permis forestiers et permettrait de fournir la quasi-totalité du marché de la capitale en sciages artisanaux à des prix très compétitifs. Pour Worah (2013), le sciage artisanal s'est développé essentiellement en dehors du respect de la réglementation et Lescuyer et al. (2011) estiment que l'exploitation artisanale du bois est une activité présente au Cap Estérias (composés exclusivement de sciages informels) qui, est avec l'axe Owendo (composés exclusivement de rebuts de scierie) couvrent 13% du volume total du sciage artisanal.

L'exploitation forestière n'est certainement pas la seule explication du recul de la forêt à la Mondah. Pendant que la forêt subit des dommages, la savane/plantation se développe. Elle passe de 2,48% en 1990 à 8,25% en 2000. Une partie de la perte de forêt est certainement dû à l'activité agricole qui a finit par régressée en 2009. Cette déforestation est orientée au nord-ouest et sud-est (Planche 4). Les forêts n'ayant pas subi d'attaques sont celles de la Forêt classées de la Mondah et celle située au nord-est. La forêt classée de la Mondah à cause de son statut d'Arboretum et celle du nord-est à cause de l'inaccessibilité de la zone.

Les communes du Cap et d'Akanda ont également un impact négatif sur la forêt. Ainsi, l'augmentation humaine corolaire à l'amélioration des infrastructures, création de nouvelles routes, Carrières de sable, etc. ont fortement contribué à la pression forestière dans la zone nord de Libreville.

Les Mangroves quant à elles, malgré la pression démographique, l'urbanisation galopante, n'ont pas subi de grands dommages à l'exception près des zones à forte urbanisation. Ainsi, de 1990 à 2009, leur surface a significativement augmenté. Elles ont gagné 6285,69 ha en 19 an, soit un rythme de 330,83 ha / an. Selon Vande weghe (2005), les superficies détruites ou dégradées ne dépassent pas 3 %. Cette situation est le fait de la découverte scientifique des rôles et valeurs multiples des zones humides qui s'est accompagné d'une prise de conscience politique et administrative de l'importance de ces écosystèmes et de la mise en place de politiques de conservation et protection. Ce qui a valu la ratification en 1987 par le Gabon de « la Convention de Ramsar » dont l'objectif est de protéger les zones humides d'importance internationale.

Les colloques nationaux, les programmes de recherche et les politiques de conservation et d'information initiés par la Direction Générale de l'Environnement et ses partenaires (ONG et autres) se sont multipliés, s'efforçant de sensibiliser l'opinion publique et les populations vivantes dans ces milieux. L'accent est mis sur le recul généralisé des zones humides, l'accélération des processus de dégradations consécutivement à l'augmentation de la population, les pollutions, l'urbanisation, etc. dans le monde et au Gabon en particulier. Toutes ces options ont contribué à limiter la pression sur les mangroves.

Dans cette dynamique, la création des treize (13) parcs nationaux en 2002 dont figure le Parc national d'Akanda a fortement contribué à la préservation des forêts de mangrove. Le statut de zone protégée a entraîné les populations des pêcheurs vivants dans le Parc et sa périphérie à rectifier leurs comportements destructeurs des ressources naturelles. Ils doivent désormais participer aux politiques de conservation mises en place, changer de mode vie, trouver des alternatives aux pratiques ayant un impact négatif à l'environnement.

Ainsi, la création des parcs nationaux d'Akanda est venue juste à point (Vande weghe, 2003). Couvrant une superficie de 53 780 hectares, il englobe la quasi-totalité des vasières et une grande partie des mangroves de la baie de la Mondah. Ce site qui permet encore le déroulement des processus de colonisation et de succession, caractérisent les côtes tropicales à mangroves. Riche en paysages pittoresques et quasi exempt d'animaux dangereux, ce Parc joue un rôle considérable sur le plan de l'éducation environnementale et de la sensibilisation à la conservation de cette partie de la ville de Libreville.

Localisées prioritairement en bordure côtière, les forêts de mangroves sont régies par trois facteurs fondamentaux : le climat, la variation des marées et la salinité (Saffache, 2002). Ces facteurs ont certainement contribué à l'extension de la superficie des mangroves de la Mondah. Pour qu'une mangrove prospère, il faut que la température (de l'air) du milieu dans lequel elle se développe soit toujours supérieure à 18 degrés Celsius (Saffache, 2002) ; de plus, l'amplitude thermique journalière doit être relativement modeste (inférieure ou égale à 5 degrés Celsius). C'est la raison pour laquelle ces forêts ne se développent que dans les zones équatoriales (Gabon, Brésil, Guyane, etc.), dans les zones tropicales humides et très exceptionnellement dans les régions semi-tempérées (Nouvelle-Zélande, côte sud de l'Australie), subtropicales ou arides (Mexique, archipel des Bermudes, sud du Japon, Afrique du Sud, etc.).

Dépendant directement du balancement de la marée, les mangroves se développent prioritairement au sein de la zone intertidale alternativement couverte et découverte par les flots. Elles prospèrent ainsi sur les côtes plates, régulièrement alimentées par le ruissellement de l'eau de pluie et les crues des rivières (Saffache, 2002).

Malgré leur stabilité, les mangroves ont subi de faible perte de superficie (dans la partie sud et les zones de coupes de bois). Considérées comme des zones malsaines, cette représentation des mangroves, très négative et réductrice, associée à une méconnaissance quasi-totale du rôle important des mangroves, est à l'origine des politiques d'assèchement / défrichement et de mise en valeur. Il s'agit de faire des zones humides stériles et insalubres des espaces humanisés (cas de la cité de la SNI à Kalikak où la mangrove a été détruite pour faire place à des logements).

L'urbanisation autour des zones humides s'est rapidement développée à Libreville. Ainsi, les mangroves ont vu leur superficie se réduire autour des zones urbaines. Les zones salubres ont très vite fait le plein et les nouvelles installations se font au détriment des écosystèmes fragiles de mangroves (Quartier Angondjé). Pour limiter la distance qui sépare leurs lieux d'habitation de leurs lieux de travail, certaines populations colonisent ces milieux malsains, et s'accommodent tant bien que mal.

V. Conclusion

Grâce à l'analyse orientée objets qui permet de contrôler le processus de classification, nous avons eu des résultats convenables car les superficies de classe mangroves trouvées sont voisines de celle mentionnée par Vandeweghe (2003). Une amélioration significative des résultats a été obtenue par rapport à l'utilisation des méthodes de classification traditionnelle. Les précisions globales obtenues sont de 82, 59 % (1990), 82, 69 % (2000) et 80,1 % (2009).

De plus, la méthode de comparaison des classifications a témoigné de l'utilité d'une approche simple pour détecter des changements de l'occupation du sol et de sa facilité à créer des cartes de changements. Nous avons ainsi obtenu des données quantitatives sur l'occupation du sol de la zone étudiée pour une période de 19 ans. Il ressort en premier lieu une expansion de la mangrove, suivi d'une régression de la zone forestière puis d'une extension du milieu urbain. Il résulte également une diminution significative des espaces agricoles et des savanes.

La mangrove est ainsi l'objet de nombreux enjeux, politiques, économiques et sociaux. Les multiples valeurs de la mangrove conduisent à l'émergence de compétition entre usages (halieutique, touristique etc.) et de conflits entre acteurs : si les paysans-pêcheurs sédentaires considèrent la mangrove comme faisant partie de leur terroir foncier, les usagers migrants ou les entrepreneurs locaux et étrangers, - aquaculteurs, promoteurs de complexes hôteliers ou immobilier - n'y voient qu'un front pionnier. Enfin, les scientifiques et politiques soucieux de la protection de l'environnement et de la préservation de la biodiversité tendent de faire de la mangrove une réserve naturelle.

La nature complexe de la mangrove traduit également la complexité de sa législation et des institutions en charge. Dans la plupart des législations, nationales, la mangrove est partagée entre différentes instances administratives : les Eaux et Forêts, la Direction des productions animales ou de la pêche, le Département de l'agriculture etc. Au Gabon, elles se partagent entre la Direction Générale de l'Environnement, le Ministère des Eaux et Forêts et l'Agence Nationale des Parcs Nationaux. Cette tri-institutionnalisation a su préserver les surfaces tant convoitées des mangroves de la Mondah.

Par ailleurs, il faut souligner que si les images optiques sont largement utilisées pour le suivi de l'environnement en temps plus ou moins réel, ce n'est pas pour les zones tropicales humides où elles sont limitées à cause de l'extension et de l'omniprésence de la couverture nuageuse (Ngouanet et al, 2007). La présence de ces masses nuageuses sur nos images couvre une bonne superficie de la zone d'étude notamment à sa partie sud-est. Ces masses nuageuses ont eu une influence sur le résultat de la classification effectuée d'où l'approximation des superficies calculées.

Bibliographie

- [1]. **Amadou P. D., 1997.** Cartographie d'évolution de la mangrove de Saint-Louis (Effets, de la sécheresse et impacts potentiels du barrage de Diarna). Mémoire de Maîtrise. U.F.R Lettres Sciences Humaines, Université Gaston Berger Saint-Louis, 98 p
- [2]. **Andriamalala A.J., 2007.** Etude écologique pour la gestion des mangroves à Madagascar, Comparaison d'une mangrove littorale et d'estuaire à l'aide de la télédétection. Thèse de Doctorat. Institut Natur, Université de Bâle, 280p
- [3]. **Atsima L. F. D., 2008.** Dynamique des mangroves du Gabon : Cas du Parc d'Akanda. Rapport de Mission. Département de Biologie des Organisations. Université Libre de Bruxelles. 19p
- [4]. **Benkrid El-hadj, 2008.** Etude de l'évolution spatio-temporelle de l'occupation du sol dans la plaine du Bas Chélif (Algérie). Mémoire de Master. Université de Montpellier, 54p
- [5]. **Bingono-Meba E.N., 2004.** Protection et valorisation de trois milieux fluvio-marins du centre du golfe de Guinée (estuaires du Gabon, du río Muni et baie de la Mondah) : Biodiversité et développement durable. Thèse de Doctorat. U.F.R. III – Sciences Humaines et Sciences de l'Environnement, Université Paul Valéry - Montpellier III, 505 p
- [6]. **Blasco F. et al, 1998.** Recent advances in mangrove studies using remote sensing data. *Marine and Freshwater Research* 49 (4): 287 - 296
- [7]. **Blasco F., 1991.** Les mangroves. *Recherches*, n°231, pp. 444-453
- [8]. **Blondel F.M. et al., 1990.** La télédétection dans l'étude des milieux forestiers un exemple : La forêt de Bouconne. *Le bulletin de l'EPI* n° 48, 14p

- [9]. **Boardman J. W. and Kruse, F. A., 1994.** Automated spectral analysis: A geologic example using AVIRIS data, north Grapevine Mountains, Nevada: in Proceedings, Tenth Thematic Conference on Geologic Remote Sensing, Environmental Research Institute of Michigan, Ann Arbor, MI, p. 1-407 - 1-418.
- [10]. **Bougherara A., 2010.** Identification et suivi des paysages et de leur biodiversité dans la Wilaya d'el Tarf (Algérie) à partir des images Landsat, Spot et Aster, in Télédétection, Contemporary Publishing International, Editions Scientifiques Gb, vol. 9, n° 3-4, p. 225-243.
- [11]. **Boulvert, Y. 1986.** République centrafricaine. Carte phytogéographique a 1 :1.000.000. Notice explicative p p104. ORSTOM, Paris, 13p
- [12]. **Boupoia A., 2010.** Flore et végétation des clairières intraforestières sur sol hydromorphe dans le Parc National de l'Ivindo. Thèse de Doctorat. Département de Biologie des Organisations. Faculté des Sciences. 246p
- [13]. **Chevalier J.F. et al, 2009.** Les forêts du Gabon en 2008. In : de Wasseige, C., Devers, D., de Marken, P., Eba'a Atyi, R., Nasi, R. and Mayaux Ph. (eds) Les forêts du Bassin du Congo: État des forêts 2008. Observatoire des Forêts d'Afrique Centrale et Partenariat pour les Forêts du Bassin du Congo, Brussels, Belgium.
- [14]. **CIRAD-FAO, 1999.** Etude écologique pour la gestion des mangroves à Madagascar : Comparaison d'une mangrove littorale et d'estuaire à l'aide de la télédétection. Thèse de Doctorat. Institut Natur, Université de Bâle, 280p.
- [15]. **CIRAD-FAO, 1999.** Techniques de gestion des écosystèmes forestiers tropicaux : état de l'art. Rome
- [16]. **Congalton R.G., 1991.** A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data, Remote Sensing of Environment, pp.3735-46
- [17]. **David G., Cillauren E. et Caillaud L., 1990.** Cartographie thématique des mangroves par imagerie satellitaire spot, application à la côte centre-orientale de Kallicolo (Vanuatu). ORSTOM, Fond documentaire n°B 27.313, p.2-3
- [18]. **Debroux L., 1999.** Identification et caractérisation des clairières marécageuses du parc national de l'Ivindo (Gabon). Mémoire de D.E.A. ENGREF-Montpellier, 109p
- [19]. **DGENEF (Direction Générale de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts), 2007.** Livret de l'étudiant de Troisième année ingénieur de conception option Aménagement des Forêts. ENEF, Libreville, 40p
- [20]. **Duminil Tristan, 2007.** Exploitation de données de Télédétection en vue d'étudier la mise en place de l'Ecotourisme. Rapport de stage de Deuxième année de SUPAGRO Montpellier, p19
- [21]. **Eba'a Atyi R et al., 2008.** Les forêts du Bassin du Congo : État de forêts 2008. Office des publications de l'Union européenne, Luxembourg. 426p
- [22]. **ECOFAC entre 1997 – 2002.** Publication, 96p
- [23]. **Essangui Marc Ona, 2006.** Gabon : Menace sur la forêt de la Mondah [en ligne]. Communiqué de presse, n°151. 1p. Disponible sur internet <http://survie.org/billets-d-afrique/2006/151-octobre-2006/article/gabon-menace-sur-la-...> (Consulté le 03/02/2012)
- [24]. **Essifi B. et Ouessar M., 2009.** Deux techniques pour l'élimination du bruit des données Landsat MSS. 28p
- [25]. **FAO, 2000.** Carte des forêts du monde. Global Land Cover Caractéristiques
- [26]. **FAO, 2005.** Evaluation des ressources forestières mondiales 2005 : Etude thématique sur les mangroves. Département des forêts, Rapport préliminaire
- [27]. **Feizoure J., 2008.** Apport de la géomatique pour la recherche des stratégies de gestion durable des forêts à haute valeur pour la conservation du massif forestier du sud ouest de la RCA. Mémoire de D.E.A. Département Formation Post-Universitaire. Ecole Nationale des Eaux et Forêts, 67p
- [28]. **Fraser R.H. and Li Z., 2002.** Estimating fire-related parameters in boreal forest using SPOT VEGETATION. Remote Sensing of Environment, 82 :95-110
- [29]. **Gérard J., 2007.** Importance, contraintes et tendances prévalentes de la filière bois des six pays forestiers d'Afrique centrale. In : Devers, D. and Van de Weghe, J.P. (eds) Les forêts du Bassin du Congo : État des forêts 2006. Observatoire des Forêts d'Afrique Centrale et Partenariat pour les Forêts du Bassin du Congo, Brussels, Belgium
- [30]. **Grzegorz Skupinski et al, 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). European Journal of Geography Systèmes, Modélisation, Géostatistiques n°439
- [31]. **Guiral D. et al, 1999.** Les écosystèmes à mangrove. Rivière du sud : Sociétés et mangroves ouest-africaines. Paris : IRD, pp. 63-90
- [32]. **Hyppolite Dibi N'da et al. 2008.** Apport de la Télédétection au suivi de la déforestation dans le parc national de la Marahoué (côte d'Ivoire). Revue Télédétection, vol. 8, n°1, p. 17-34
- [33]. **Idbraim Soufiane, 2009.** Méthodes d'extraction de l'information spatiale et de classification en imagerie de télédétection : Applications à la cartographie thématique de la région d'Agadir (Maroc). Thèse de Doctorat. Faculté des Sciences. Université Mohammed V – Rabat, 147p
- [34]. **Jacquin Anne, 2010.** Dynamique de la végétation des savanes en lien avec l'usage des feux à Madagascar. Analyse par série temporelle d'images de télédétection. Thèse de Doctorat. Institut National Polytechnique de Toulouse. 146p
- [35]. **Kwassi Abia E., 2002.** Apport de la Télédétection satellitaire à la gestion intégrée du littoral : cartographie des mangroves et de l'occupation du sol des îles Ehotile (lagune Aby-Côte d'Ivoire). Mémoire de D.E.A. UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Université de Cocody.
- [36]. **Kwassi Abia E. et al., 2005.** Utilisation de l'imagerie pour la définition spatiale des mangroves des îles Ehotilé en Côte d'Ivoire. p. 52
- [37]. **LADYBIO, 2003.** Dynamique écologique des mangroves de Mayotte, en lien avec les processus d'érosion dans les bassins versants. Rapport, 77p.
- [38]. **Lebigre J.M., 1983.** Le littoral du Gabon : Aspects géomorphologiques et Biogéographiques. Institut Pédagogique National, département d'histoire et de géographie, département de sciences naturelles. 58p.
- [39]. **Lebigre J.-M., Marius C., 1984.** Etude d'une séquence mangrove-tanne en milieu équatoriale, baie de la Mondah (Gabon). Travaux et Documents de Géographie CEGET, n° 51. Pp 132-144
- [40]. **Lébrigue J.-M. et Tourne M., 1969.** Alimentation en Eau de Libreville : Etude des rivières entre Libreville et Kango, Résultat de la campagne 1968. ORSTOM, Libreville
- [41]. **Lescuyer G. et al, 2011.** Le marché domestique du sciage artisanal à Libreville : état des lieux, opportunités et défis. Document Occasionnel 63. CIFOR, Bogor Indonésie
- [42]. **Nziengui M., 2005.** Apports des technologies d'observation de la terre pour la production de l'information environnementale en Afrique centrale : l'exemple du Gabon (application à la composante forestière). Thèse de Doctorat. Ecole doctorale : Information, Communication, Modélisation, Simulation, Université de marne-la-Vallée, 227p

- [43]. **Mayomba C.E., 2011.** Traitements numériques et utilisation des images satellitaires Landsat 7 ETM+ pour le suivi de la dynamique des Concessions Forestières sous Aménagement Durable au Gabon : le cas de la Société des Bois de Lastourville/TransBois (SBL/TRB). Mémoire de Master 2. Département Formation Post-Universitaire. Ecole Nationale des Eaux et Forêts, 71p
- [44]. **Girard M-C. et Girard C.M., 2010.** Traitement des données de Télédétection : Environnement et ressources naturelles. DUNOD (2^e Edition), Paris, 553p
- [45]. **Mengome Ango, 2007.** Installation des placettes permanentes à but pédagogique pour le suivi de la croissance des peuplements forestiers d'Okoumé : Analyse des résultats préliminaires. Mémoire de Master. École Nationale du Génie Rural, des Eaux et forêt, 90p
- [46]. **Deshayes Michel, Pierre Maurel. 1990.** L'image spatiale et son contenu. Options Méditerranéennes, Sér. A I n°4
- [47]. **Nana A. Véronique, 2004.** Apport de la télédétection et des S.I.G pour le suivi de la dynamique Forêt-savane : Cas au Gabon du Parc de la Lopé de 1982 à 1996. Mémoire de DESS. Département Economie et Gestion durable des Ressources forestières et Environnementales. Ecole Nationale des Sciences de Gestion, 50p
- [48]. **Ndombi N. E., 2007.** Importance de la mangrove pour la pêche et la protection du littoral de la baie de la Mondah. Mémoire de Maîtrise. U.F.R Sciences, Université de la Rochelle, 50p
- [49]. **Ngouanet Chrétien et al, 2007.** À la découverte des mangroves : regards multiples sur un objet de recherche mouvant. ORSTOM, Montpellier, p. 83-84
- [50]. **Observatoire Mondial Forêts. 2000.** Un premier regard sur l'exploitation forestière au Gabon. World Resources Institute 2000. 56 p
- [51]. **Okouyi V.J.J O., 2006.** Savoirs locaux et outils modernes cynégétiques : Développement de la filière commerciale de viande de brousse à Makokou (Gabon). Thèse de Doctorat. Université d'Orléans, 406p
- [52]. **Ondo Assoumou E., 2005.** Dynamique des paysages végétaux du littoral centre-ouest du Gabon autour de Port-Gentil : Approche spatiale et analyse des données de terrain. Thèse de Doctorat. U.F.R. III – Sciences Humaines et Sciences de l'Environnement, Université Paul Valéry - Montpellier III, 302p
- [53]. **Ondo Assoumou E., 2011.** Risques environnementaux dans les milieux de mangrove au Gabon. Revue du CERGEF. Gabonica n°5, 14p
- [54]. **PFBC (Partenariat pour les forêts du Bassin du Congo), 2006.** Les forêts du Bassin du Congo. État des forêts 2006. CMIFAC, 256p
- [55]. **Mayaux Philippe et Achard Frédéric (sans date).** Suivi à long terme de la végétation d'Afrique Centrale à partir de l'imagerie satellitaire. Séminaire FORAFRI de Libreville – Session 4 : exploitation, aménagement, gestion
- [56]. **Provencher L. et Dubois J. M., 1987.** Précis de télédétection, vol. 4 : Méthodes de photo-interprétation et d'interprétation d'images. Presses de l'Université du Québec et Agence universitaire de la Francophonie, Sainte-Foy (Québec), 468p
- [57]. **Rabekogo N., 1998.** Aujourd'hui les mangroves du Gabon. In le cri du pangolin n°19 p.9
- [58]. **Randriamanga1 et al, 2006.** Application de la télédétection et d'un SIG à la typologie des lavakas sur les hautes terres de Madagascar. Revue Télédétection, vol. 6, n° 4, p. 277-290
- [59]. **Régis Bonnefon, 2003.** Extraction d'objets cartographiques à partir d'images de télédétection : possibilité d'application à la mise à jour de Systèmes d'Information Géographique. Thèse de Doctorat Spécialité Informatique. U.F.R Sciences, Université Paul Sabatier de Toulouse, 218p
- [60]. **République gabonaise, Loi n°003/2007 du 27 août 2007,** relative aux Parcs Nationaux
- [61]. **République gabonaise, Loi n°16/93 du 26 août 1993** relative à la protection et à l'amélioration de l'environnement
- [62]. **Saffache Pascale, 2002.** Les mangroves caribéennes : des milieux fragiles nécessitant une politique de gestion et de protection adaptée. Revue Forestière Française n° LIV - 4
- [63]. **Sayer J. A., 1986.** The vital importance of maintaining forest. Guest editorial. Environmental Conservation., 13 (1) : 1-3.
- [64]. **Souza P.W et al. 2006.** Using mangroves as a geological indicator of coastal changes in the Bragança macrotidal flat, Brazilian Amazon : A remote sensing data approach. Ocean & Coastal Management, n° 49, p. 462-475
- [65]. **Spalding, M. D., Blasco, F. and Field, C., 1997.** World Mangrove Atlas. The International Society for Mangrove ecosystems. Okinawa, Japan, 178 p
- [66]. **Thampanya U. et al., 2006.** Coastal erosion and mangrove progradation of Southern Thailand." Estuarine, Coastal and Shelf Science 68(1-2): 75-85
- [67]. **Thi Thanh Hien PHAM et al, 2007.** Démarche méthodologique pour la détection des changements d'un milieu morcelé en utilisant des images à moyenne résolution spatiale : Application à une région littorale au Viêt-Nam. Revue Télédétection, vol. 7, n° 1-2-3-4, pp. 303-323
- [68]. **Vande Weghe J-P, 2003.** Les milieux humides côtiers du Gabon : les rias du nord et le Bas Ogooué CANOPEE n° 25. Pp 3-8
- [69]. **Vande Weghe J-P, 2005.** Akanda et Pongara : plage et mangroves. Libreville, Collection Les Parcs nationaux du Gabon. 228p.
- [70]. **Worah J., 2013.** Analyse de la gouvernance des titres d'exploitation artisanale du bois d'œuvre au Gabon. Mémoire de Master. Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles. Université de Dschang, 109p
- [71]. **World Conservation Monitoring Centre (WCMC) (dir.) (1992).** Global Biodiversity. Status of the Earth's living resources. Chapman & Hall (Londres) : xix + 585 p. ISBN 0-412-47240-6
- [72]. **Youcef SMARA et al., 2003.** Techniques de fusion et de classification floue d'images satellitaires multisources pour la caractérisation et le suivi de l'extension du tissu urbain de la région d'Alger (Algérie). 2nd FIG Regional Conference Marrakech, Morocco, December 2-5, 2003.
- [73]. **Site internet consulté**
- [74]. **Weather and climate, 2012.** Libreville, Gabon, average monthly precipitation, Rainfall, Snow [en ligne]. 2p. Disponible sur internet <http://www.weather-and-climate.com/average-monthly-precipitation-Rainfall, Librevil...> (Consulté le 06/02/2012).

Saturnin Ndotit Manguiengha" Contribution de la télédétection satellite et du SIG à la gestion durable des mangroves anthropisées de la forêt de la Mondah ; nord-ouest du Gabon" International Journal of Engineering Science Invention (IJESI), Vol. 08, No.10, 2019, PP 21-34