

# Dynamique spatiale des écosystèmes de mangrove dans l'arrondissement d'Avlo-Grand-Popo sur le Littoral du Bénin

OREKAN O. A. Vincent, TOFFI D. Mathias, HOHODJI Inès A. & PLAGBETO Hermann A.

**Résumé**—La pression anthropique exercée sur les zones humides du littoral béninois induit une dégradation poussée des écosystèmes en général et de la mangrove en particulier. La mangrove de l'arrondissement d'Avlo, Commune de Grand-Popo constitue un exemple éloquent. La présente recherche vise l'analyse de la dynamique spatiale de l'évolution de cet écosystème. La méthodologie utilisée est basée sur l'utilisation des techniques de la télédétection, des Systèmes d'Informations Géographiques et de la cartographie. L'interprétation de l'imagerie satellitaire multi date (1986, 2000 et 2016) est appuyée par des campagnes de vérité terrain afin d'obtenir des informations pertinentes sur les formes d'exploitation des écosystèmes de mangrove. Les résultats de l'étude révèlent une forte régression des aires de mangrove entre 1986 et 2016, aires qui, aujourd'hui n'occupent aujourd'hui plus que 10,53 % de la superficie totale de l'arrondissement contre 27,66 % en 1986. Pendant ces 30 dernières années, la superficie de la mangrove a diminué de 17,13 ha avec une vitesse de régression d'environ 0,6 ha par an. La principale cause de cette régression est la coupe des palétuviers pour diverses utilisations, surtout l'extraction du sel de cuisine. Cette pression sur le milieu physique est surtout liée à la croissance des activités économiques et par ricochet, la dégradation des écosystèmes aquatiques. Dans ces conditions, le renforcement et l'harmonisation des actions de protection, la prise de mesures conservatoires par les institutions en charge de la Pêche, l'élaboration d'un plan de restauration et d'aménagement des écosystèmes, la vulgarisation de codes de conduite au niveau local, sont nécessaires pour garantir une gestion durable des écosystèmes de mangrove aux plans écologique et socioéconomique.

**Mots-clés**—Avlo, Grand-Popo, dynamique spatiale, écosystèmes humides, mangrove, télédétection, SIG

**Abstract**—The anthropic pressure exerted on the wetlands of the Beninese coast induce a degradation of mangrove ecosystems of significant importance. The mangroves in the Commune of Grand-Popo constitute an eloquent example. This research analyzes the spatial dynamics of the evolution of this ecosystem. The method used is based on the use of remote sensing techniques, Geographic Information Systems and cartography. The interpretation of multi-date satellite imagery (1986, 2000 and 2016) is supported by ground truth campaigns to obtain relevant and reliable information on the forms of exploitation of mangrove ecosystems. The results show a sharp regression of mangrove areas between 1986 and 2016, areas that occupy today only 10.53 % of the total area of the Arrondissement against 27.66 % in 1986. During the last 30 years, the mangrove area decreased by 17.13 ha with a regression rate of about 0.6 ha per year. The main cause of this indexed regression is the population cutting of mangroves for various uses, especially in salt production. These disturbances of the physical environment are related to the increase of economic activities in the area and indirectly, the degradation of aquatic ecosystems. In these circumstances, the strengthening and harmonization of protection measures, the taking of precautionary measures by the Ministry in charge of Fisheries, the development of a plan for the restoration and management of these ecosystems on the one hand, and on the other hand, the popularization of codes of conduct at the local level is strongly desired to ensure the sustainable management of mangrove ecosystems in ecological, economic and social terms.

**Keywords**—Avlo, GIS, Grand-Popo, mangrove, remote sensing, spatial dynamic, wet ecosystems.

## 1 INTRODUCTION

Les milieux littoraux se caractérisent par de grandes potentialités naturelles et économiques ; l'exploitation de ces ressources attirent et installent environ 55% de la population mondiale dans la zone côtière. Les formations de mangrove occupent les berges lagunaires, marécageuses et abritées des régions tropicales. Cet écosystème particulier avec une biodiversité impressionnante a été classée par l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture [1]. Entre 1980 et 2006, un quart des superficies de la mangrove ouest-africaine a disparu [2] ; et les prévisions actuelles annoncent une disparition d'environ 70 % de cette mangrove si rien n'est fait à temps pour sa restauration, sa conservation et sa sauvegarde (Banque Mondiale, 1994, p.68).

L'Afrique possède 3,2 millions d'hectares de mangroves [3] dont 70 % se concentrent au Nigeria, au Mozambique, à Madagascar, en Guinée et au Cameroun. La surface des mangroves africaines a considérablement diminué depuis vingt-cinq ans de l'ordre de 30 % pour l'ouest du continent. La dégradation et la déforestation de ces écosystèmes sont sans doute liées à la surexploitation des ressources, à la conversion

en aquaculture d'étang, à la décharge côtière et à l'urbanisation, sans oublier les effets indirects de la pollution et d'autres formes d'utilisation de la terre en amont [4] , [5] , [6]. En Afrique de l'ouest, les superficies de mangrove ont diminué de 20 500 km<sup>2</sup> en 1980 par rapport à leurs étendues actuelles évaluées à 15 800 km<sup>2</sup> [7]. Cependant, ces chiffres sont loin d'exprimer l'étendue réelle de ladite dégradation qui, probablement, est bien plus importante avec comme conséquence, la réduction sensible de la biodiversité et du niveau de vie des communautés riveraines.

Vu l'ampleur des dégâts, des initiatives et actions offensives sont nécessaires pour assurer un usage durable des mangroves actuelles par une restauration qui passe par le reboisement des zones dégradées. Aussi, sur la base de cet écosystème et de l'importance du potentiel de diversité biologique qu'il recèle, l'arrondissement d'Avlo, Commune de Grand-Popo dans le secteur occidental du littoral du Bénin dispose d'un réel patrimoine écologique et économique à sauvegarder pour les générations à venir. Aujourd'hui, l'on sait que la superficie mondiale des mangroves est passée de 18,8

millions d'hectares en 1980 à 15,2 millions en 2005, soit une perte de 3,6 millions d'hectares [8] ; on constate avec [9] que «environ 38 % des écosystèmes côtiers en général et des aires de mangrove en particulier sont menacés du fait d'aménagements divers et de rejets de déchets». Les principaux facteurs de dégradation de la mangrove sont les coupes abusives de bois frais, l'ensablement des vasières et la coupe des rhizophores [10]. C'est le cas d'Avlo, localité côtière enclavée où la mangrove représente l'unique essence ligneuse utilisée comme bois d'œuvre, de chauffe et surtout dans la saliculture [11]. Au regard de l'intérêt socioéconomique et même culturel de ces ressources, une meilleure connaissance et un état des lieux de la mangrove s'imposent pour l'ensemble du littoral, mais particulièrement pour la commune d'Avlo. C'est ce qui motive cette esquisse méthodologique innovante du SIG sur la flore de mangrove au Bénin.

## 2Présentation du milieu d'étude

Arrondissement d'Avlo est situé à environ 2 km à l'ouest de la Bouche-du-Roi et constitue l'un des sept arrondissements que compte la Commune de Grand-Popo au sein du département du Mono. Avlo couvre une superficie de 67,34 km<sup>2</sup> et s'étend entre les parallèles 6°10' et 6°13' de latitude Nord et les méridiens 2°08' et 2°10' de longitude Est. Avlo est limité à l'est par la commune de Ouidah, au nord par arrondissement de Gbéhoué, à l'ouest par arrondissement de Grand-Popo et au sud par l'océan atlantique (figure 1). Le climat du littoral béninois dont relève Avlo est de type subéquatorial à quatre saisons : une grande saison pluvieuse d'avril à juillet, une petite saison sèche centrée sur août, une petite saison pluvieuse de septembre à octobre et une grande saison sèche de novembre à mars. La moyenne pluviométrique annuelle y varie d'est en ouest avec 1300 mm à la longitude du village de Togbin à l'est, 1100 mm à Ouidah au centre et 900 mm à Grand-Popo à l'ouest. La température moyenne est de 27°C et varie peu au cours de l'année ; lessols lagunaires sont vaseux, saumâtres et asphyxiques, imposant ainsi de dures conditions écologiques à la biodiversité et où seule, la mangrove s'adapte par ses propriétés physiologiques exceptionnelles qui en font un écosystème particulier des lagunes tropicales [12].

" | . 2 3 μ

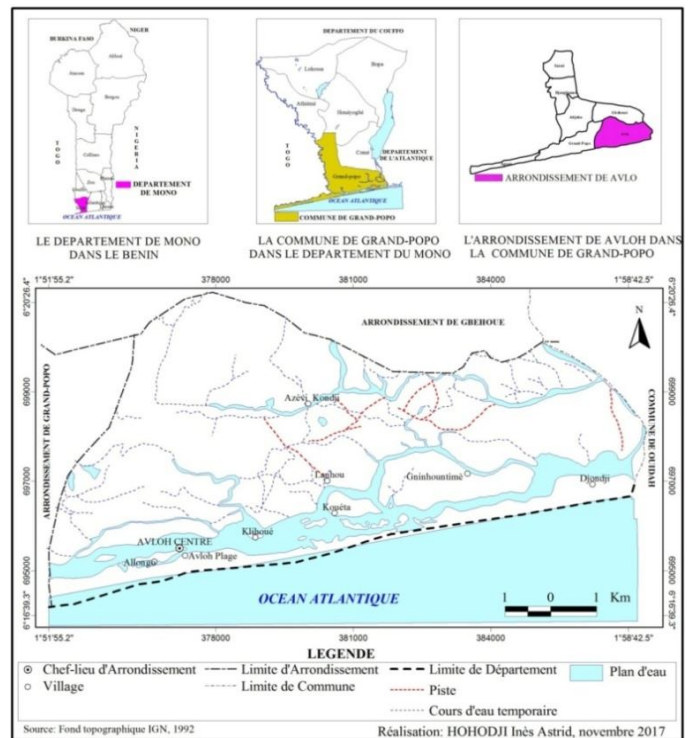


Fig. 1. Situation géographique et administrative de l'arrondissement d'Avlo

## 3Matériel et méthodes

### 3.1Matériel

#### 3.1.1Données utilisées

Il s'agit des images satellitaires Landsat des années 1986, 2000 et 2016, site web ftp://ftp.glc.f.umi.acs.umd/glc/f/Landsat de « Global Land Cover Facility », et des données démographiques obtenues à l'Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique (INSAE/Bénin). Les images satellitaires sont composées de Landsat TM/ de février 1986, Path 192, Row 056, ETM de décembre 2000 et OLI TIRS de novembre 2016, couvrant la zone d'étude. Quant aux données démographiques, elles sont constituées des statistiques démographiques des 2ème, 3ème et 4ème Recensements Généraux de la Population et de l'Habitation (RGPH2, 3 et 4).

#### 3.1.2 Outils de collecte des données

Le matériel utilisé pour la collecte des données est constitué d'un GPS (Global Positioning System, Map 60 CSX) pour la validation des cartes d'occupation du sol, d'un questionnaire d'enquête socioéconomique, d'un guide d'entretien destiné aux personnes ressources concernées par les activités locales de protection des écosystèmes à mangrove.

### 3.2 Méthodes

#### 3.2.1Recherche documentaire

La revue documentaire a lieu dans les centres et institutions de documentation et laboratoires des entités universitaires. Elle est appuyée par la littérature spécifique en ligne relative aux informations sur la zone côtière et sur l'écosystème de man-

grove.

### 3.2.2 Interprétation des images satellitaires

#### 3.2.2.1 Classification supervisée des images satellitaires

Cette classification a été utilisée compte tenu de l'expérience du terrain. Elle a consisté à identifier visuellement un certain nombre d'éléments ou objets naturels ou artificiels qui peuvent être ponctuels, linéaires ou surfaciques sur l'image. Elle s'est déroulée en quatre étapes au moyen du logiciel Erdas Imagine. Il s'agit de la définition de la légende ou le renseignement du ROI (Regions Of Interest), de la sélection des échantillons de parcelles d'entraînement (ou Régions) ; pour chaque image classifiée, trente aires d'entraînement ont été sélectionnées par unité d'occupation de sol, soit au total 210 aires d'entraînement pour les sept classes définies, la description et le renseignement des différentes classes, le choix de l'algorithme de classification ; l'algorithme du maximum de vraisemblance a été retenu pour la classification.

#### 3.2.2.2 Évaluation de la classification et validation des résultats

Les méthodes conventionnelles d'évaluation de la précision thématique des résultats de la classification ont été appliquées : il s'agit de la matrice de confusion de l'Indice Cartographique de Validation et de l'Indice de Pureté des Classes. La matrice de confusion donne une évaluation de la précision globale de la cartographie et des résultats de classification pour chacune des classes thématiques ; cette matrice permet de dégager les erreurs de commission et les erreurs d'omission du processus de la classification. De même, pour chaque classe d'occupation et d'utilisation des terres, l'Indice de Validation Cartographique (IVC) et l'Indice de Pureté des Classes (IPC), ont été déterminés suivant les formules ci-après :

$$IVC = \frac{NCC_i}{NT_i}$$

$$IPC = \frac{NCC_i}{NC_i}$$

avec  $NCC_i$ , le nombre de pixels de la classe  $C_i$ ,  $NT_i$ , nombre de pixels du thème  $T_i$  sur le terrain et  $NCC_i$ , le nombre de pixels correctement classés dans la classe  $C_i$ . La précision des résultats de la classification a été évaluée au moyen de la matrice de confusion (Tableau 1) et a révélé les observations suivantes :

- des confusions entre la forêt dense et la forêt galerie qui se traduisent par la commission de 376 pixels de forêt dense comme galerie forestière ;
- des confusions entre les forêts claires, les savanes boisées et la forêt galerie (166 pixels) ;
- des confusions entre la forêt galerie et la forêt dense, la forêt claire et la savane arborée et arbustive, soit respectivement 159, 157 et 208 pixels.

TABLEAU 1

MATRICE DE CONFUSION ET INDICES DE VALIDATION DE LA CLASSIFICATION DE L'IMAGE LANDSAT DE 1986

Données classifiées (1986)	Données de références (1986)									
	Agglomération	Fourré et culture	Mangrove	Marécage	Plage	Plan d'Eau	Plantation	Total ligne	IPC	EC
Agglomération	35	0	0	0	2	0	0	37	94,59	5,41
Fourré et culture	0	29	1	1	0	0	0	31	93,55	6,45
Mangrove	0	0	102	2	0	0	0	104	98,08	1,92
Marécage	0	0	1	89	0	2	0	92	96,74	3,26
Plage	2	0	0	0	49	0	0	51	96,08	3,92
Plan d'Eau	0	0	0	2	0	81	0	83	97,59	2,41
Plantation	0	1	0	0	0	0	37	38	97,37	2,63
Total	37	30	104	94	51	83	37	436		
IVC	94,59	96,67	98,08	94,68	96,08	97,59	100			
EO	5,41	3,33	1,92	5,32	3,92	2,41	0			

IPC : Indice de Pureté des Classes, IVC : Indice de Validation Cartographique.

De ce tableau, il ressort que la précision cartographique est évaluée à plus de 96 %. Les formations naturelles telles que la mangrove et le plan d'eau ont un indice de validation cartographique supérieur à 97 %. La plantation a quant à elle, a un indice de validation cartographique égale à 97,37 %. Les erreurs d'omission ont été plus élevées au niveau de l'agglomération et du marécage, soit respectivement 5,41 et 5,32, tandis que les erreurs de commission ont été beaucoup plus faibles avec les formations naturelles telles que la mangrove (1,92 %) et le plan d'eau (2,41 %). Les précisions obtenues pour l'image de 2000 classifiée sont semblables à celles de l'image précédente. La précision cartographique globale du traitement est de 95 % (tableau 2).

TABLEAU 2

MATRICE DE CONFUSION ET INDICES DE VALIDATION DE LA CLASSIFICATION DE L'IMAGE LANDSAT DE 2000

Données classifiées (2000)	Données de références (2000)									
	Agglomération	Fourré et culture	Mangrove	Marécage	Plage	Plan d' Eau	Plantation	Total ligne	IPC	EC
Agglomération	46	0	0	0	3	0	0	49	93,88	6,12
Fourré et culture	0	37	2	2	0	0	0	41	90,24	9,76
Mangrove	0	0	150	4	0	0	0	154	97,40	2,60
Marécage	0	0	2	109	0	2	0	113	96,46	3,54
Plage	2	0	0	0	59	0	0	61	96,72	3,28
Plan d'Eau	0	0	0	3	0	120	0	123	97,56	2,44
Plantation	0	3	0	0	0	0	56	59	94,92	5,08
Total	48	40	154	118	62	122	56	600		
IVC	95,83	92,50	97,40	92,37	95,16	98,36	92,00			
EO	4,17	7,50	2,60	7,63	4,84	1,64	0,00			

L'indice de pureté des classes, très élevé au niveau de la mangrove et du plan d'eau est de l'ordre de 97,40 et 97,56 %. Le marécage et la plage présentent respectivement 96,46 et 96,72 % comme indice de pureté. Le fourré et la culture viennent en dernier avec 90,24. L'indice de validation cartographique

prend la même allure. La mangrove et le plan d'eau ont respectivement 97,40 et 98,3 % comme indice de validation cartographique ; l'agglomération suit avec 95,83%, la plage avec 95,1 %, le fourré et les cultures avec 92,50 % ; le marécage a comme indice 92,37 et la plantation présente l'indice le moins élevé avec 92 %. Le tableau 3 montre le degré de fiabilité de la classification de l'image satellitaire 2016 et les confusions opérées entre pixels au cours de la dite classification.

TABLEAU 3

MATRICE DE CONFUSION ET INDICES DE VALIDATION DE LA CLASSIFICATION DE L'IMAGE LANDSAT 2016

Données classifiées (2016)	Données de références (2016)									
	Agglomération	Fourré et culture	Mangrove	Marécage	Plage	Plan d'Eau	Plantation	Total ligne	IPC	EC
Agglomération	62	0	0	0	3	0	0	65	95,38	4,62
Fourré et culture	0	43	3	2	0	0	0	48	89,58	10,42
Mangrove	0	0	97	2	0	0	0	99	97,98	2,02
Marécage	0	0	2	205	0	2	0	209	98,09	1,91
Plage	2	0	0	0	71	0	0	73	97,26	2,74
Plan d'Eau	0	0	0	3	0	137	0	140	97,86	2,14
Plantation	0	3	0	0	0	0	60	63	95,24	4,76
Total	64	46	102	212	74	139	60	697		
IVC	96,88	93,48	95,10	96,70	95,95	98,56	100			
EO	3,13	6,52	4,90	3,30	4,05	1,44	0			

L'analyse du tableau 3 révèle qu'il ya eu très peu de confusion entre les pixels représentatifs des unités d'occupation du sol au cours de la classification. Cela dit, deux (2) pixels d'agglomération sont affectés à la plage tandis que trois (3) pixels de mangrove sont affectés aux fourrés et aux cultures. Malgré ces confusions, l'Indice de Pureté Cartographique des unités reste très élevé ; il varie entre 89, 58 % et 97, 98 %. Généralement faibles, les Erreurs de Commission des unités d'occupation du sol varient entre 1 % et 4 % quand bien même les fourrés et les cultures gardent à leur actif, une Erreur de commission peu élevée soit 10,4 %. Les Indices de Validations Cartographiques sont en général supérieurs à 90 %. Le résultat après classification peut être alors validé, car selon [13], une classification est valable si les indices sont supérieurs 75 %.

### 3.2.2.3 Agrégation des unités d'occupation

Pour les besoins d'une simplification de l'occupation, le résultat de classification initiale qui comportait sept unités d'occupation du sol a été agrégé en trois grandes classes réparties en : mangrove, autres unités dont marécage, agglomération, plantation, fourré et cultures, plage, et en plans d'eau (lagune et océan).

### 3.2.3 Vérité terrain

Pour améliorer la minute d'occupation du sol issue de la classification, des coordonnées GPS des unités d'occupation du sol ont été vérifiées sur le terrain. La méthode adoptée a consisté à parcourir l'espace concerné (le milieu de recherche) et à vérifier point par point les coordonnées géographiques des différentes unités d'occupation du sol identifiées et sélectionnées à partir de l'image Sas planète de 2016. Sur cette image, un

échantillon de 30 points géoréférencés ont été projetés. Ces points correspondant aux unités d'occupation identifiées ont été ensuite introduits dans un GPS et vérifiés par la fonction « GO TO » du GPS. La figure 2 illustre les différents points identifiés.



Fig.2. Points d'identification des unités d'occupation du sol.

### 3.2.4 Enquête socio-économique

Un questionnaire a été élaboré et adressé aux personnes ciblées, susceptibles de répondre aux questions. Un échantillon constitué des salicteurs, des pêcheurs, des vendeurs de bois de mangrove, des ONG et des chefs de villages a été réalisé. Au total, 198 fiches d'enquête ont été administrées aux personnes concernées dans les différents villages d'Avlo à raison de 98 hommes et 100 femmes choisis de façon aléatoire.

## 4 RESULTATS ET DISCUSSION

### 4.1 Evolution diachronique des écosystèmes de mangrove

Avlo, l'occupation du sol est formée des unités dont les plus importantes sont : la mangrove, les cultures, les agglomérations, les marécages, la plage et les surfaces d'eau. La mangrove étant privilégiée dans la présente recherche, les figures 3 et 4 ci-dessous présentent les cartes de l'occupation de cette dernière par rapport aux autres unités d'occupation de 1986, 2000.



Fig. 3. Occupation du sol de l'arrondissement d'Avlo en 1986

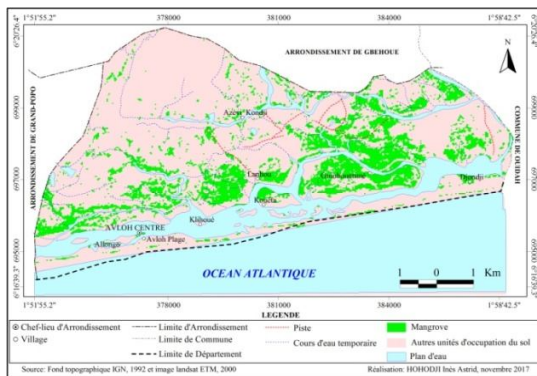


Fig. 4. Occupation du sol de l'arrondissement d'Avlo en 2000

Les statistiques des différentes unités d'occupations après interprétation des images satellitaires ont permis de faire le bilan diachronique. Le tableau 4 montre le bilan diachronique des différentes unités d'occupation dans arrondissement d'Avlo.

TABLEAU 4

EVOLUTION DIACHRONIQUE DE LA MANGROVE DANS ARRONDISSEMENT D'AVLO DE 1986 A 2000

Unité d'occupation du sol	Superficie en 1986 (Ha)	Superficie en 2000 (Ha)	Bilan Superficie (Ha)	Prop (%)	Evolution
Mangrove	2731,5	1076,85	-1654,65	-24,81	R
Autres unités	730,98	2091,69	1360,71	20,4	P
Plan d'eau	409,77	586,53	176,76	2,65	P
Total	6668,66	6668,66			

La tendance de régression (R) des aires de mangrove est dans une certaine mesure confirmée par l'anthropisation progressive (P) du milieu. On constate une évolution régressive des espaces occupés par la mangrove (-24,81 %), laissant place aux autres unités d'occupation du sol dans la première période 1986-2000. Les mêmes tendances sont observées dans la deuxième période allant de 2000 à 2016. Les figures 5 et 6 montrent les cartes d'occupation du sol de 2000 et 2016.

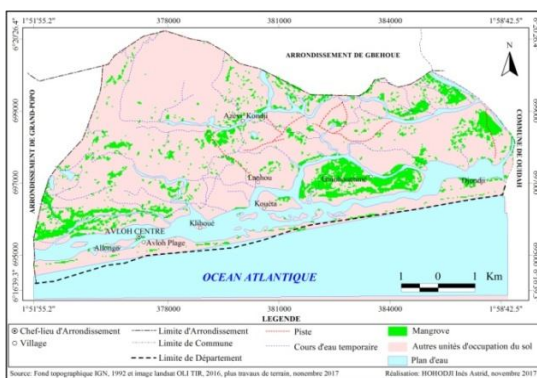


Fig.5. Occupation du sol de l'arrondissement d'Avlo en 2000

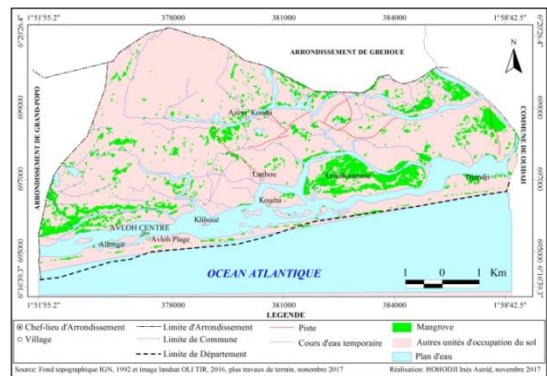


Fig.6. Occupation du sol de l'arrondissement d'Avlo en 2016

Pour certaines unités, les tendances diffèrent. Le tableau 5 montre le bilan diachronique de l'évolution des différentes unités d'occupation du sol dans la deuxième période.

TABLEAU 5

EVOLUTION DIACHRONIQUE DE LA MANGROVE DANS ARRONDISSEMENT D'AVLO DE 2000 A 2016

Unité d'occupation du sol	Superficie en 2000 (Ha)	Superficie en 2016 (Ha)	Bilan Superficie (Ha)	Prop (%)	Evolution
Mangrove	1076,85	702,54	-374,31	-5,61	R
Autres unités	3368,16	3777,12	408,96	6,13	P
Plan d'eau	2223,65	2189,09	-34,56	-0,52	
Total	6668,66	6668,66			

Entre 2000 et 2016, les mangroves ont perdu encore 5,61 % de leur superficie et ces statistiques indiquent une forte anthropisation du paysage d'Avlo. La figure 7 montre l'évolution des différentes unités d'occupation de 1986 à 2016.

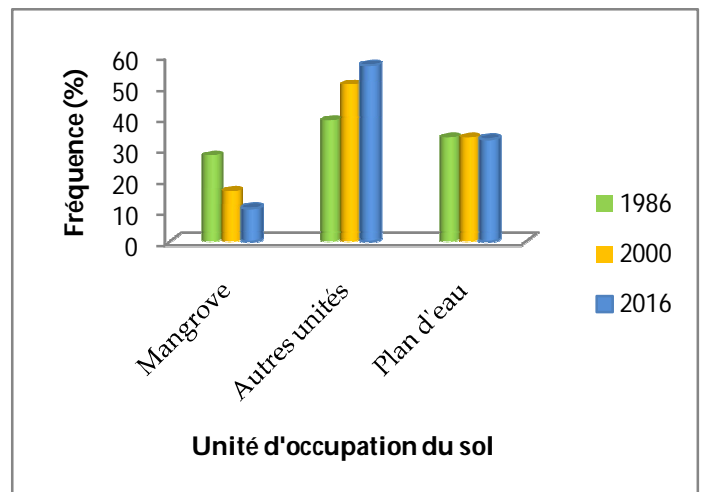


Fig. 7. Evolution des superficies de mangrove par rapport aux autres unités d'occupation du sol de 1986 à 2016 à Avlo

Ce graphique traduit une nette diminution des superficies de mangroves au profit d'autres unités d'occupation composées en grande partie de formations anthropiques.

## 4.2 Facteurs de la dégradation des écosystèmes de mangrove

Les activités salicoles sont responsables en grande partie de la régression de la mangrove, du fait de la quantité de bois utilisée dans la production de sel (cf. photos 1 et 2) qui montrent les différents usages de la mangrove dans le système de la saliculture traditionnelle [12].



Photo 1 : panier de lixiviation en bois de palétuviers rouges à Heyi-gbadji



Photo 2 : cuisson avec palétuvier à Ohlihoué

D'autres usages tels que la construction des maisons et outils de pêches sont faits des bois de mangroves à Avlo. Les photos 3 et 4 montrent quelques autres usages en dehors de la saliculture.



Photo 3. Traverses de charpente de construction en bois de palétuviers rouges



Photo 4. Un arrière ou barrage (Ha en langue Xuéla) de pêche en bois de palétuvier à Azinko

Selon neuf enquêtés sur dix, les mangroves existent encore en abondance à Avlo ; une personne sur 10 pense plutôt le contraire. Les espèces sont utilisées à travers les différentes dérivées (tige, plantules, fruits etc.). A Avlo, les exploitants de la mangrove affirment utiliser seulement les tiges et les plantules des espèces concernées. Les poutres de leurs cases sont faites de pieux de mangrove. La mangrove sert de bois de chauffe pour la cuisson de saumure dans la saliculture, dans la confection de matériels de pêche et dans la construction de palissades.

## 4.3 Mesures de protection de la mangrove dans le milieu

De façon indirecte, l'usage rituel des forêts de mangrove comme rideau ou ceinture-haie vive de protection des sanctuaires de diverses divinités, et l'interdiction d'en couper les troncs dans un rayon délimité, assure la sauvegarde et la protection de quelques îlots de forêt de mangrove ; c'est le cas de "Xèvi-zoun" ou (forêt sacrée du village Avlékété), le "Vodun-zoun" de Hiyo etc. La multitude de sanctuaires et la sacralisation consécutive de plusieurs portions de mangrove, constituent une forme de protection/conservation de la mangrove. Du fait de cette dimension sacrée, la forêt de mangrove n'est pas seulement perçue comme un simple écosystème, mais plutôt comme un lieu sacré dont le contenu physique et biophysique requiert de la part des riverains, respect, protection et vénération. Dans le même souci, la présence de l'ONG Eco-Bénin à Avlo vient à propos est bien salubre au vu des objectifs de ses activités de développement éco-touristique ; Eco-Bénin assure la sensibilisation de la population par rapport à la mangrove, participe au reboisement et interdit l'accès de la population à certaines parties des forêts de mangrove.

## 4.4 Discussion

De nos jours, la mangrove subit partout de dégradation avec des causes multiples, surtout liées à l'homme (urbanisation, pollutions diverses, exploitation forestière...). Mais au Bénin, c'est surtout la cohabitation saliculture-mangrove qui constitue le véritable problème car, les conditions écologiques d'existence de la mangrove sont les mêmes que celles qui créent les gisements de sel [12]. Malheureusement ici, les conditions atmosphériques où l'humidité relative est, en toutes saisons, supérieure à 70 %, sont juste suffisantes pour favoriser des gisements de sel, mais restent insuffisantes pour vaporiser l'eau et cristalliser naturellement le NaCl dissout. Il fallait alors recourir à une énergie de substitution, ce qui explique la mise au point depuis environ sept siècles, de la technique "ignigène" (du dieu grec "ignis" de feu) pour extraire du sel par chauffage avec les bois de mangrove [12]. Plusieurs tentatives de production du sel par voie solaire au Bénin ont échoué pour les mêmes raisons de forte humidité de l'air [11]. Plusieurs études ont abordé la dégradation de la mangrove au Bénin parmi lesquelles Paradis et [14], [15], [16], [17]. Mais toutes ces études sont restées essentiellement descriptives, sans une quantification de l'ampleur des phénomènes décrits. C'est seulement à partir de 1985 qu'il a été possible d'établir un rapport relatif quantité-de sel-produite et volume-de-bois de mangrove utilisé pour le chauffage de la saumure [12] et l'on sait depuis lors que 79 365 m<sup>3</sup> de bois sont annuellement et essentiellement prélevés sur la mangrove béninoise pour la saliculture. Par l'introduction de nouvelles méthodes d'analyse (établissement de carrés de densité, calcul de Surface terrière, on connaît la densité moyenne d'arbres par surface, le diamètre moyen d'un tronc de mangrove au Bénin.

Les travaux de [18] sur la caractérisation et la gestion des écosystèmes de mangrove au Bénin ont rapporté que le fumage du poisson par les femmes est un autre facteur de destruction de la mangrove Avlo sans toutefois une quantification. On sait par ailleurs que 65% des saliculteurs à Avlo témoignent de ce que le bois de palétuvier rouge (*Rhizophora racemosa*) représente en moyenne plus de 70% du volume de bois utilisé dans la préparation du sel, ce qui confirme que la plus grande pression sur la mangrove vient de l'activité salicole. C'est cela qui explique l'initiation et la mise en œuvre du Projet Intégré de Recherche sur l'Amélioration des Techniques Traditionnelle d'Extraction de Sel (PIRATTES) mis en œuvre de 1988 à 1994) pour préserver et sauvegarder la mangrove béninoise et pour produire toujours du sel sans détruire l'environnement. Au Sénégal, des pertes importantes en superficies de mangroves ont été déjà signalées en Casamance du fait d'installation d'ouvrages hydroagricoles sur certaines rivières [18]. Ce n'est pas encore le cas pour l'arrondissement d'Avlo au Bénin mais c'est une alerte ; car, ici (au Bénin), c'est le projet « Route des pêches » qui risque, si l'on n'y prend garde, de nuire à la mangrove béninoise si le projet dans sa réalisation, dévie de son objectif initial d'écotourisme (Tâche 3 de l'étude/faisabilité, DIRASSET-BENINEXPERTISE en juillet 2003). Le rôle écologique des mangroves et les formations forestières de mangrove comme "pivot" de l'équilibre éco-socioéconomique des côtes sont une évidence [12]. En exemple, le rôle protecteur des côtes par la mangrove a été prouvé lors du Tsunami du 26 décembre 2004 au large de l'île indonésienne de Sumatra dans l'océan indien ; les dégâts observés, bien que considérables, l'ont été bien moins au niveau des zones protégées par des forêts de mangrove [19]. L'homme figure donc en bonne place parmi les causes de dégradation ou de mauvaise gestion des aires reboisées, certainement du fait d'une sensibilisation insuffisante ou d'un vide de communication entre la communauté locale et les institutions de mise en œuvre des projets. Mais c'est encore à l'homme qu'il revient de rechercher la réponse alternative au problème. L'esquisse méthodologique du SIG et l'appréciation quantitative des paramètres d'une part puis, le support cartographique d'autre part, confèrent à la présente étude, une meilleure contribution à la connaissance de l'évolution spatiale de la mangrove du Bénin. L'expérience locale de l'arrondissement d'Avlo est un gage pour étendre la méthode SIG à l'ensemble des aires actuelles de mangrove au Bénin.

## 5 CONCLUSION

Cette étude aura permis, certes à l'échelle locale, de contribuer à une meilleure connaissance de l'écosystème mangrove. L'analyse diachronique des cartes d'occupation du sol de 1986, de 2000 et de 2016, montre l'évolution quantitative des unités d'occupation du sol [20] avec une tendance régressive des superficies des forêts de mangrove ; ce constat reflète assez bien la situation de ces dernières années aux échelles globale, régionale et locale avec partout, une prépondérance de la pression anthropique sur l'écosystème. Les activités humaines

en effet ne cessent de s'intensifier avec l'augmentation démographique et les besoins croissants des populations en produits ligneux. Au Bénin, c'est surtout la saliculture ignigène (par feu de bois) traditionnelle à forte consommation de bois qui pèse sur la mangrove. Au vu des résultats, l'implication des populations locales dans la gestion des ressources naturelles en général et de la mangrove en particulier devient une nécessité. Par ailleurs, il y a lieu d'envisager une gestion partagée des ressources de mangrove au niveau sous-régional par une redéfinition concertée et consensuelle des principes de gestion globale et transversale pour l'ensemble des pays concernés. Au regard de l'enjeu que constitue l'écosystème mangrove à l'ère des changements climatiques, l'implication offensive des institutions sous-régionales comme la CEDAO, L'UEMOA et autres pour une telle initiative pourrait être décisive dans le succès de la sauvegarde et de la protection de cet écosystème providentiel des environnements littoraux ouest-africains.

## RÉFÉRENCES

- [1] M. L. S. Wilkie, Forest Resources Assessment Working, Status and trends in mangrove area extent worldwide Paper N° 63. Forest Resources Division. Food and Agricultural Organization, Rome, Italy, 2003.
- [2] UNEP-WCMC, État des aires protégées dans le monde. Bilan annuel des progrès mondiaux en matière de conservation. UNEP World. 40p., 2007.
- [3] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), The world's mangroves 1980-2005, FAO Forestry Paper, n 153, Rome-Italy, p. 55, 2007.
- [4] N. Alexandris, B. Chatenoux, L. Lopez Torres et P. Peduzzi, Monitoring mangrove restoration from space, UNEP/GRID-Geneva., 2013.
- [5] A. K. Armah, A. Diame, A. Gordon et J. James Kairo, Protection des mangroves : Le rôle du Réseau africain des mangroves, Nature & Faune, vol. 24, Numéro 12010,
- [6] S. Maoulana-Abbas, Diagnostic géobotanique et impacts anthropiques sur le paysage de la mangrove dans la baie de Toliara, Thèse de doctorat en Géographie, Université de Tuléar, Madagascar, p 75, 2009.
- [7] G. Ajonina, A. Ndiame, and J. Kairo, "Current status and conservation of mangroves in Africa: An overview". World Rainforest Movement Bulletin 133, August 2008 <http://wrmbulletin.wordpress.com/2008/08/25/current-status-and-conservationof-mangroves-in-africaan-overview/>
- [8] FAO Système d'information de la FAO sur l'eau et l'agriculture, FAO, Bénin, 2005.
- [9] G. Anagonou, La destruction de la mangrove, danger écologique pour les côtes du Bénin, 2014. [Online]<https://www.scidev.net/afrique-sub-saharienne/biodiversite/actualites/la-destruction-de-la-mangrove-danger-cologique-pour-les-c-tes-du-b-nin.html> (Septembre 2018).
- [10] E.S. Diop, A. Soumaré, N. Diallo, A. Guissé, "Recent changes of the mangroves of the Saloum River Estuary", Senegal. Mangrove and Salt Marshes, 1, 163-172., 1997
- [11] D. M. Toffi, A. Akoègninou, L.M. Oyédé, Etat Actuel de la mangrove du Bénin, Conséquences de son exploitation Traditionnelle UNESCO (COMAR) /IABO-Traditionnelle-Afrique INF 2 RPB, 20 p., 1985.
- [12] D. M. Toffi, Le climat, l'homme et la dynamique des écosystèmes dans l'espace littoral du Bénin ; Thèse de Doctorat unique, option gestion de l'environnement ; univ. d'Abomey-Calavi, Bénin. 390p., 2008.
- [13] Y. El Hadraoui, diachronique de l'occupation du sol et de modélisation des processus érosifs du bassin versant du Bouregreg (Maroc) à partir des données de l'Observation de la Terre Conservatoire Natio-

- nal Des Arts et Métiers (CNAM), École Supérieure des Géomètres et Topographes mémoire d'ingénieur, pp89 ,09 juillet 2013.
- [14] G. Paradis et E. Adjanohoun "L'impact de la fabrication du sel sur la végétation de mangrove et la géomorphologie dans le Bas-Dahomey". In : Annales de l'Université d'Abidjan E (écologie), 7, pp 599-612, 1974.
- [15] G. Paradis, "Un cas particulier de zones dénudées dans les mangroves d'Afrique de l'Ouest : Celles dues à l'extraction du sel". Musée National d'Histoire Naturelle ; Paris Bull. 4 (2) B : 227-261, 1980.
- [16] G. Paradis, "Ecologie et géomorphologie en climat subéquatorial sec : La végétation du Bas-Bénin Occidental », Annales de l'Université d'Abidjan, Série E, Tome XIV.1981
- [17] D. M. Toffi, Ressources climatiques et activités salicoles sur le littoral occidental du Bénin. Mémoire de DEA ; Centre de Recherches de Climatologie, Climat et contraintes climatiques ; URA 909-CNRS, Université de Bourgogne, Dijon, .167p., 1991
- [18] R. Bamisso : "caractérisation et gestion des écosystèmes de mangrove dans le littoral béninois" Mémoire de maîtrise de géographie, DGAT/FLASH/UAC, 78p., 2006
- [19] E.J.F, "Mangroves nature's against Tsunami. A report on the impact of mangrove loss and shrimps farm development on costal defense"[En ligne] URL, 2004 [http://www.ejfoundation.org/pdf/tsunami\\_report.pdf](http://www.ejfoundation.org/pdf/tsunami_report.pdf), (12 mai 2017)
- [20] A.I. Hohodji, Mangrove d'Avloh dans la Commune de Grand-Popo : état des lieux, gestion et devenir. Mémoire de Maitrise, DGAT/FLASH/UAC, 81p, 2018

- 
- **OREKAN O. A. Vincent** is an Associate Professor at University of Abomey-Calavi, Vice Director of Department of Geomatics, RemoteSensing and GIS of Institut de Géographie, de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (IGATE) and Laboratoire de Biogéographie et Expertise Environnementale (LABEE), Email : [vincent.orekan@gmail.com](mailto:vincent.orekan@gmail.com)
  - **TOFFI D. Mathias** is a Scientific Researcher in Laboratoire Pierre PAGNEY de Climatologie (LACEEDE, UAC) and Institut des Recherches en Sciences de la Terre et de l'Environnement (IRSTE/CBRSI).Email : [dmtoffi@gmail.com](mailto:dmtoffi@gmail.com)
  - **PLAGBETO Hermann A. and HOHODJI Inès A.** are PhD student at University of Abomey-Calavi