

Dynamique de l'occupation du sol du bassin ivoirien de la lagune Aghien

[Dynamic of land cover in Ivorian Watershed of the Aghien lagoon]

Seydou DIALLO¹, Zamblé Armand TRA BI², Dabissi NOUFÉ¹, Amidou DAO¹, Bamory KAMAGATÉ¹, Rose Kôkôh EFFEBI¹, Droh Lanciné GONÉ¹, Serge Koffi EHOUMAN¹, Thierry Jean KOFFI¹, Jean Emmanuel PATUREL³, Jean-Louis PERRIN³, and Luc SEGUIS³

¹Laboratoire Géosciences et Environnement (LGE), UFR Sciences et Gestion de L'environnement (SGE),
Université Nangui Abrogoua (UNA),
02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

²Department de Géographie, UFR Communication Milieu et Société (CMS),
Université Alassane Ouattara (UAO),
02 BP V 18 Bouaké 01, Côte d'Ivoire

³HydroSciences Montpellier,
IRD-Université de Montpellier,
Montpellier, France

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The Aghien lagoon watershed is located in peripheral north-east areas of Abidjan. This space is accelerated population growth more than more important. The rate of urbanization is higher than 60% in 2014 (RGPH, 2014). Also, does the acceleration of urbanization result in vegetation cover degradation for the benefit of the built environment and a peri-urban agriculture. Also, does the acceleration of urbanization result in vegetation cover degradation for the benefit of the built environment and a peri-urban agriculture. This study aims to analyze in part one the diachronic evolution of vegetation cover between 1987-2000 and 2000-2015, and second part its takes stock of this dynamic between 1987 and 2015. Thus, the analysis of land use dynamics in the Aghien basin is based on the the vegetation mapping of landsat images. The methodology is based on the supervised classification by maximum likelihood of landsat images The results of the dynamics of land use in the basin in 1987, 2000 and 2015 indicate a decline in forest cover and perennial crops in favor of built environment and bare soil (+10.98%), subsistence crops and fallow (+11.37) over the period (1987-2015). Urbanization and increase crops are caused modifications of vegetation cover in outskirts of basin. These changes are mainly due to demographic pressure and unsustainable agricultural practices.

KEYWORDS: land use, anthropization, runoff, basins Djibi and Bete.

RÉSUMÉ: Le bassin versant Aghien est situé à la périphérie nord-est d'Abidjan. Cet espace subit une pression démographique de plus en plus importante. Le taux d'urbanisation est supérieur à 60% en 2014 (RGPH, 2014). Aussi, l'accélération de l'urbanisation entraîne-t-elle la dégradation du couvert végétal au profit du bâti et d'une agriculture périurbaine. Cette étude vise à analyser l'évolution diachronique du couvert végétal entre 1987-2000 et 2000-2015 d'une part, et à faire le bilan de cette dynamique sur la période 1987-2015 d'autre part. Ainsi, l'analyse diachronique de l'occupation du sol du bassin versant d'Aghien a nécessité une exploitation d'images landsat. La méthodologie est basée sur la classification supervisée par maximum de vraisemblance issue des traitements d'imageries satellitaires. Les résultats de la dynamique du couvert végétal dans le bassin en 1987, 2000 et 2015 indiquent une réduction du couvert forestier et des cultures pérennes au profit du bâti et sol nu

(+10.98) et des cultures vivrières (+11.37) sur la période (1987-2015). L'augmentation d'urbains et de cultures ont occasionné une dégradation de la couverture végétale à la périphérie du bassin. Ces changements sont principalement dûs à des pressions humaines et les pratiques agricoles non durables.

MOTS-CLEFS: utilisation des sols, anthropisation, ruissellement, bassins Djibi et Bete.

1 INTRODUCTION

A l'instar des grandes métropoles des pays en développement, Abidjan connaît une très forte croissance démographique. En effet, sa population est passée de 3133608 à 4707404 habitants entre 1998 et 2014 [1]. Son taux d'accroissement moyen annuel est de 2,7% sur cette période. Une des principales conséquences de cette évolution de la population est l'étalement urbain et le développement d'une agriculture de proximité au détriment du couvert naturel. Ces phénomènes jouent un rôle primordial dans la modification car ils permettent de réduire les zones d'infiltration et favorisent le ruissellement. Dans le littoral Sud-Est, plusieurs travaux ([2], [3], [4] et [5]) ont révélé que l'insuffisance de la recharge de la nappe du continental terminal est due à l'imperméabilisation croissante des surfaces par l'urbanisation. Outre, l'amenuisement de la nappe, la zone d'étude a subi une réduction de son couvert végétal estimée à 2,12% sur la période 1986-2000 [6]. Par ailleurs, il a été observé une forte dégradation du couvert végétal liée à d'intenses activités anthropiques ([7] et [8]). Face à cette situation, la compréhension des changements d'occupation du sol est nécessaire pour la gestion optimale des ressources naturelles notamment les ressources en eau du bassin situées à la périphérie d'Abidjan à quelques kilomètres. Ainsi, après la cartographie du couvert végétal par traitement d'image satellite, les types d'occupation seront obtenus avec leur évolution à différentes dates (1987, 2000 et 2015) sur le bassin versant Aghien.

2 PRÉSENTATION DU MILIEU ANTHROPIQUE ET PHYSIQUE DU BASSIN VERSANT

Le bassin versant d'Aghien est situé sur le littoral ivoirien dans le district d'Abidjan (Fig.1), entre 5°22' et 5°26' de latitude Nord, 3°49' et 3°55' de longitude Ouest. Il a une superficie de 351 Km². Peuplé de 1,2 millions d'habitants [1], ce bassin est confronté à une forte croissance démographique. Les populations résidentes ont pour activités principales la pêche et l'agriculture. La forte pression démographique se traduit par la densification du bâti au détriment des espaces agricoles. Cette zone littorale est sous l'influence d'un climat de type équatoriale de transition avec deux saisons pluvieuses (une grande et une petite saison de pluies respectivement d'avril à juin et de septembre à novembre) et deux saisons sèches (la grande saison sèche s'étend de décembre à mars et la plus petite de juillet à août). La pluviométrie moyenne annuelle est généralement supérieure à 1500 mm. Le couvert végétal est constitué de forêts denses sempervirentes en amont du bassin. Du point de vue hydrographique, le bassin est dominé par deux principaux affluents que sont les rivières Bété et Djibi; et une partie du cours de la Mé qui transite par le chenal (Fig. 1). La géologie appartient à un ensemble formé de deux unités dont le bassin sédimentaire au sud et le socle cristallin et cristallophyllien au nord. Au plan morphologique, le bassin d'Aghien se caractérise dans son ensemble par un relief de plateau de faible altitude et peu accidenté.

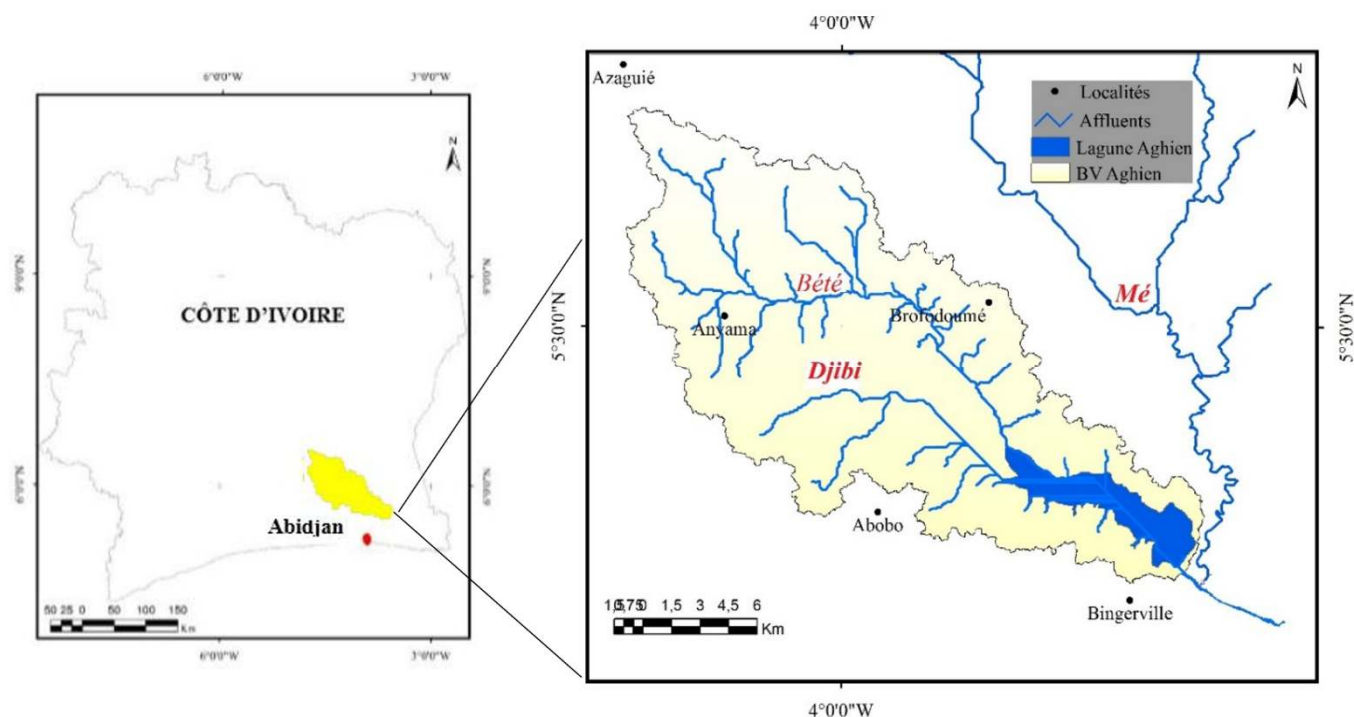


Fig. 1. Localisation de la zone étudiée (source: adapté du Projet Aghien, 2014)

3 MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1 DONNÉES DE L'ÉTUDE

L'analyse des changements de l'occupation du sol du bassin d'Aghien a été effective grâce au traitement et à l'analyse de trois types de données : les imageries satellitaires Landsat, les données socio-économiques issues des trois derniers recensements officiels en Côte d'Ivoire complétées par des levées de terrain en 2015. Les images satellites constituent le socle du travail et ont été choisi en fonction de la date des recensements nationaux effectués en Côte d'Ivoire. Les autres données ont servi à l'interprétation des images et à l'explication de l'évolution de l'occupation du sol. Pour les recensements de 1988 et de 1998, nous avons respectivement des images Landsat TM (1987) et ETM+ (2000). A cela s'ajoute l'image landsat 8 OLI (2015) pour le dernier recensement de 2014. La localisation des scènes en lignes et colonnes est de 195/56 et 196 /56.

3.2 MÉTHODE

Pour cartographier les occupations du sol du Bassin d'Aghien, la démarche méthodologique utilisée se décline en trois principales étapes: le prétraitement, le traitement et le post-traitement.

Le prétraitement a consisté au mosaïquage des scènes, à l'extraction du bassin et à l'amélioration du rendu visuel par la combinaison colorée 5-4-3 (Fig. 2). Les numéros des bandes 5-4-3 ont fait intervenir dans l'ordre les canaux Moyen Infra Rouge (MIR), Proche Infra Rouge (PIR) et Rouge.

La réalisation des compositions colorées a permis de discriminer sept classes: Eau, Cultures vivrières et jachères, Localités (habitat concentré), Localités (habitat dispersé) et sol nu, Palmeraie + Plantations + Forêt dégradée, Hévée + Plantations + Forêt dégradée et Forêt en zone humide. Pour mieux appréhender l'influence humaine sur le paysage nous avons regroupé les unités d'occupation du sol en état de surface selon l'ordre suivant : Eau, Habitats, cultures et végétation naturelle. Bien que ces imageries satellitaires Landsat soient dépourvues de nuages, une correction atmosphérique a été réalisée. En ce qui concerne la correction géométrique, elle n'a pas été faite car les images Landsat ont déjà été corrigées selon le système de projection UTM WGS 84 Zone 30 Nord avant sa mise à disposition.

Pour la classification d'images à proprement dites, la méthode de classification supervisée basée sur le maximum de vraisemblance a été effectuée sur les images car elle est très utilisée et est considérée comme le plus performant dans la cartographie d'occupation du sol ([9], [10] et [11]). Les relevés sur le terrain ont permis de valider cette classification.

Concernant la post-classification des images, un filtre majoritaire avec une fenêtre 3x3 a été appliqué pour homogénéiser les résultats. Cette opération a pour but d'affecter le pixel central du filtre à la classe la plus représentée. Ainsi les classes d'occupation obtenues pour chacune des périodes ont été converties en fichier vecteur afin de constituer une base des données d'information qui par la suite est compilée dans un SIG pour la cartographie des changements.

3.2.1 ANALYSE STATISTIQUE DU RYTHME D'ÉVOLUTION DES UNITÉS D'OCCUPATION DU SOL

Pour quantifier les changements d'occupation du sol, une analyse statistique des différentes classes est faite après la classification de ces images. Cette méthode qui consiste à calculer le taux d'expansion annuel a été proposée par la référence [12] en 1996 ([13] et [14]) comme suit : $T = \frac{S_2 - S_1}{S_1}$ (1)

Avec T =taux, S_1 =superficie année initiale et S_2 = Superficie année finale.

Cette formule va évoluer et permettra de calculer le taux du changement (T_c) de l'occupation du sol entre deux dates pour chaque classe d'occupation du sol sur la base de la formule :

$$T = \frac{S_2 - S_1}{S_1} \times 100 \quad (2)$$

Où la variable considérée est la superficie (S).

Si $T_c > 0$, il y a extension de l'unité. On conclut que les valeurs positives représentent une progression de la superficie de la classe durant la période analysée ;

Si $T_c < 0$, il y a diminution de cette unité et on peut dire que les valeurs négatives indiquent la perte de superficie entre les deux dates ;

Si $T_c = 0$, il y a stabilité ou les valeurs proches de zéro signifient que la classe reste relativement stable entre les deux dates.

Dans cette étude, le taux d'évolution permet de calculer les pourcentages de classes d'occupation du sol de 1987 à 2015 via 2000. Les cartes d'occupation du sol produites par la classification assistée, sont par la suite simplifiées par le regroupement de certaines classes.

- La classe habitat est la fusion des habitats concentrés et des habitats dispersés.
- La classe culture est une sommation des cultures vivrières et jachères, des cultures pérennes (hévéa et palmier à huile) et autres plantations.

Plusieurs autres approches statistiques ont été utilisées pour mettre en évidence les mouvements des populations riveraines et urbaines sur la couverture végétale. La méthode de régression linéaire simple a permis de mettre en relation la pression démographique et l'état de surface.

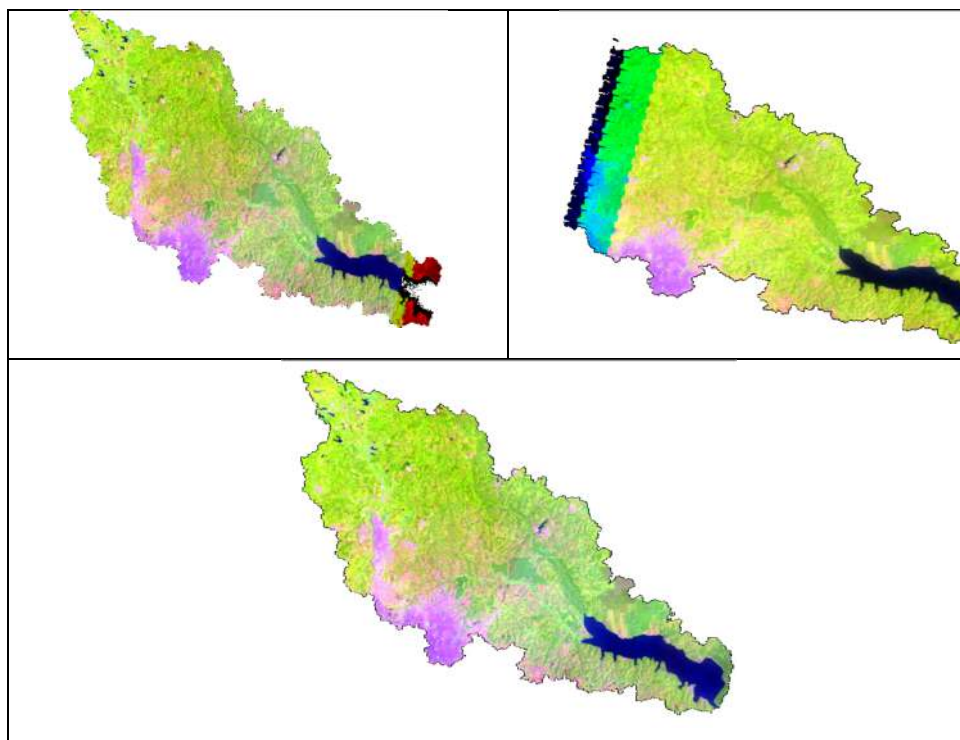


Fig. 2. Mosaïque des images landsats du bassin versant Aghien

4 RÉSULTATS

4.1 EVALUATION DE LA PRÉCISION DE LA CLASSIFICATION

Les tableaux 1, 2 et 3 représentant les matrices de confusion indiquent que les précisions globales des classifications sont de l'ordre de 91,31%, 91,38% et de 94,31% respectivement pour l'image de 1987, 2000 et 2015. Ces tableaux affichent dans la diagonale, le pourcentage de pixels bien classés et hors diagonale, le pourcentage de pixels mal classés [14]. Les coefficients kappa sont élevés: 0,88 en 1987, 0,89 en 2000 et 0,92 en 2015. Dans cette étude, les unités d'occupation ont des taux de pixels en général bien classés et donc bien discriminés.

Tableau 1. Matrice de confusion de la classification de l'image landsat TM (1987)

Classes	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>
EA	99.57	0	0	0	0	0	4.93
CVJ	0	96.47	0.26	0	0	0.14	0
HC	0	0	94.98	2.33	0	0	0
HD	0	0.27	4.38	97.67	0.39	0	0
HPFD	0	3.26	0.39	0	99.61	17.11	1.65
PPFD	0	0	0	0	0	81.24	0
FZH	0.43	0	0	0	0	1.51	93.42
Total	100	100	100	100	100	100	100

EA=Eau; CVJ= Cultures vivrières et jachères; HC= Habitats concentrés; HD= Habitats dispersés; HPFD= Hévéa + Plantations + Forêt dégradée; PPFD= Palmeraie + Plantations +Forêt dégradée; FZH= Forêt zone humide
Coefficient de kappa =88,91%; Précision globale =91,31%

Tableau 2. Matrice de confusion de la classification de l'image landsat ETM+ (2000)

Classes	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>
EA	100	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
CVJ	<u>0</u>	92.5	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>9.36</u>	<u>0.64</u>	<u>0</u>
HC	<u>0</u>	<u>0</u>	99.26	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
HD	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0.74</u>	100	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
HPFD	<u>0</u>	<u>6.90</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	79.03	<u>8.33</u>	<u>0</u>
PPFD	<u>0</u>	<u>0.60</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>10.49</u>	84.62	<u>0</u>
FZH	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>1.12</u>	<u>6.41</u>	100
Total	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>

Coefficient de kappa =89,08%, Précision globale =91,38%

Tableau 3. Matrice de confusion de la classification de l'image landsat 8 (2015)

Classes	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>
EA	99.60	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
CVJ	<u>0</u>	90.41	<u>0.98</u>	<u>0</u>	<u>1.58</u>	<u>3.05</u>	<u>0.46</u>
HC	<u>0</u>	<u>0.39</u>	95.11	<u>1.72</u>	<u>2.27</u>	<u>0.17</u>	<u>0</u>
HD	<u>0.40</u>	<u>0.19</u>	<u>3.52</u>	98.28	<u>0.00</u>	<u>0</u>	<u>0</u>
HPFD	<u>0</u>	<u>7.59</u>	<u>0.39</u>	<u>0</u>	96.15	<u>0.17</u>	<u>0</u>
PPFD	<u>0</u>	<u>1.42</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	96.61	<u>0</u>
FZH	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	99.54
Total	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>

Coefficient de kappa =92,37%, Précision globale =94,21%

4.2 CHANGEMENT D'OCCUPATION DU SOL ENTRE 1987 ET 2015

L'analyse de la dynamique du couvert végétal passe par l'exploitation statistique des cartes de 1987, 2000 et de 2015 (Fig. 3 et 4). Les changements majeurs intervenus au cours de la période 1987-2015 concernent pour la plupart les zones de culture, plus précisément les cultures vivrières en jaune et aussi les localités. Ces cultures n'ont cessé de s'étendre sur toute l'étendue du bassin de 1987 à nos jours. Quant aux habitations, on a pu observer une extension de la partie urbanisée du bassin depuis la commune d'Abobo jusqu'à la sous-préfecture d'Anyama.

4.2.1 EVOLUTION DU COUVERT VÉGÉTAL ENTRE 1987 ET 2000 : MANIFESTATION DE LA PRESSION DÉMOGRAPHIQUE ET L'EXTENSION DES CULTURES VIVRIÈRES

Le couplage de la figure 3 et du tableau 4 révèle que sur les sept unités du couvert végétal, quatre ont connues une progression avec une superficie exprimée à 22,47 km². Cette tendance regroupe les espaces comportant les habitations, les cultures vivrières et l'eau. Parallèlement, trois autres unités ont connues une régression. Cette baisse représente une valeur sensiblement égale à la première estimée à 22,49 km². Elle correspond aux thèmes d'occupation suivants: la forêt en zone humide, les cultures de rentes et forêt dégradée.

Le fait notable ici (Fig. 3) est que la majeure partie du bassin est occupée par les cultures vivrières. On note cependant une légère progression des surfaces occupées par cette classe (5,25%). Cette progression est plus visible à l'extrémité Nord du bassin. Elle se fait au détriment des cultures pérennes (-41,02%) et de la forêt en zone humide (-33,18%). A la périphérie Ouest du bassin, on observe une extension des habitats (91,94%) précisément celle des habitats concentrés (73,12%). En général, les superficies des bâtis et des cultures vivrières augmentent. Celle-ci se fait au dépend des surfaces occupées par les cultures pérennes et Forêt.

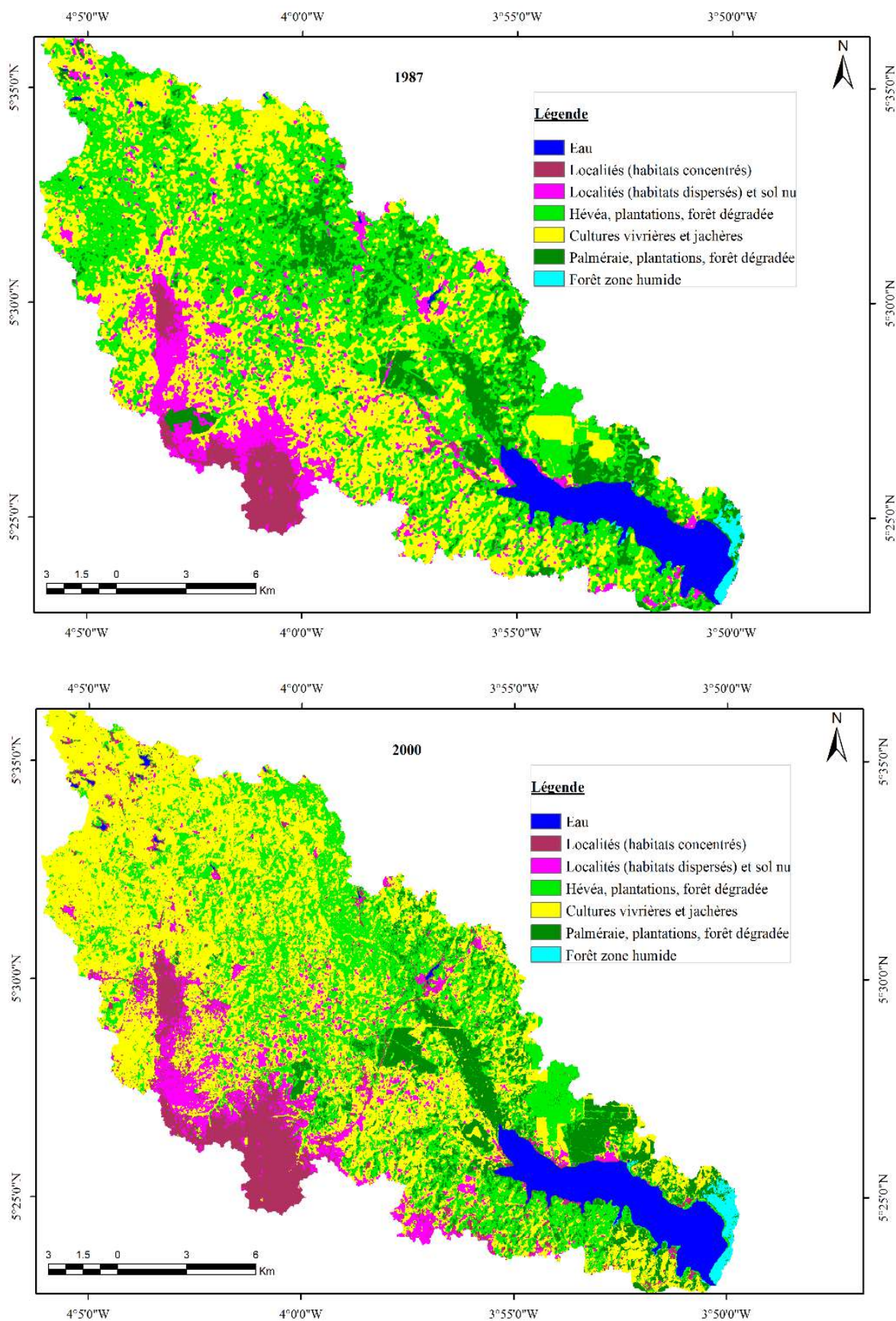


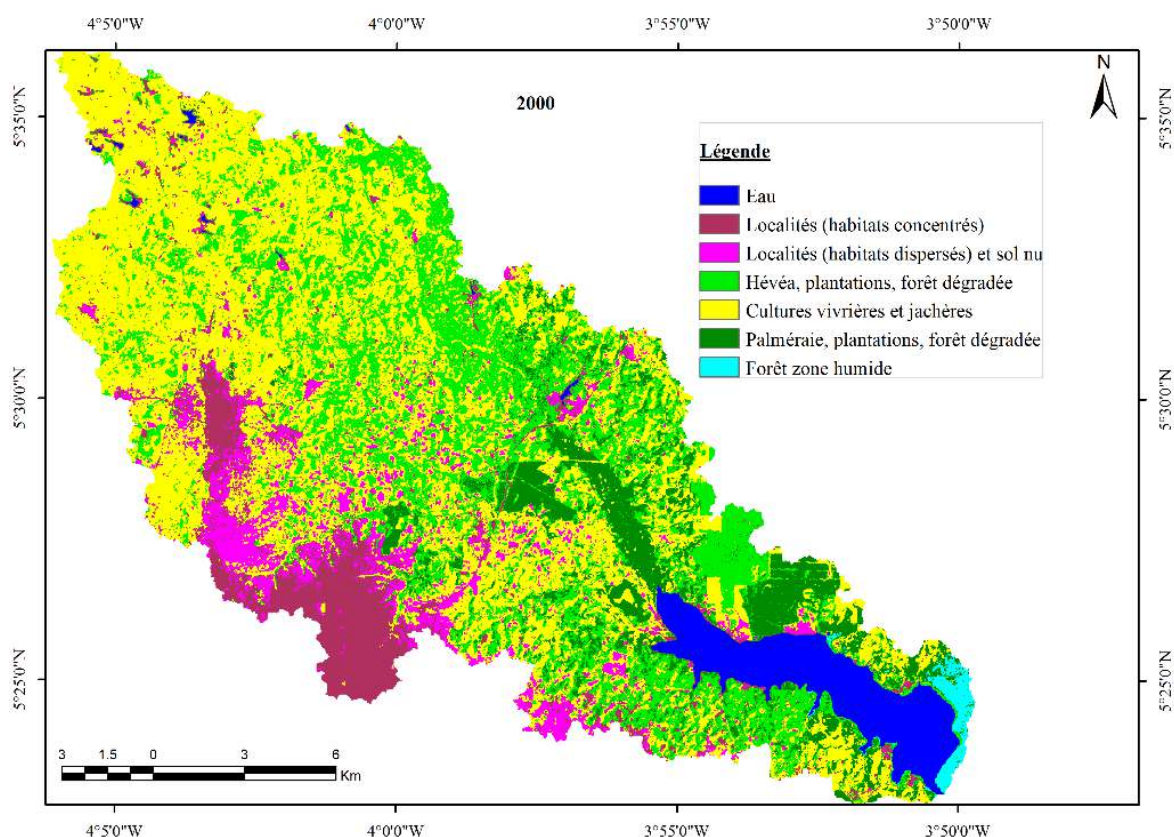
Fig. 3. Evolution des unités d'occupation du sol entre 1987 et 2000

Tableau 4. Répartition des différents types d'occupation du sol de 1987 à 2000 sur le bassin versant Aghien

Classes OCS	1987		2000		Progression (km ²)	Régression (km ²)	Taux d'évolution (%)
	P (%)	S (Km ²)	P (%)	S (Km ²)			
EA	5,67	19,90	5,83	20,47	0,57		2,86
HC	3,93	13,80	6,81	23,89	10,09		73,12
CVJ	35,42	124,32	37,28	130,85	6,53		5,25
HD	7,99	28,06	9,50	33,34	5,28		18,82
FZH	1,24	4,34	0,83	2,90		-1,44	-33,18
PPFD	13,67	47,99	8,35	29,31		-18,68	-38,92
HPFD	32,08	112,61	31,40	110,24		-2,37	-2,10
TOTAL	100	351	100	351			

4.2.2 EVOLUTION DU COUVERT VÉGÉTAL ENTRE 2000 ET 2015: INTENSIFICATION DES CULTURES VIVRIÈRES ET BÂTIS ET RÉGÉNÉRESCENCE DE LA FORÊT

L'analyse des cartes de 2000 et 2015 associée au tableau 5 montre l'état d'avancement du couvert végétal sur la période. Il ressort du tableau comme précédemment quatre unités ayant connues une progression et trois une régression. Le fait notable est que les unités ont varié selon les tendances. Cette fois-ci la forêt a connu une hausse pendant que les retenues d'eau sont en baisse. Cette diminution de l'eau peut s'expliquer par le phénomène de changement climatique que sévit la côte d'Ivoire depuis 1970. Les unités telles que les habitats, les cultures vivrières et jachères et enfin la forêt en zone humide ont connu une importante progression de leur superficie. Cette augmentation est estimée à environ 56,8 km². Par ailleurs, certaines unités ont connu une régression remarquable de leur superficie. Cette tendance couvre également une superficie de 56,8 km² et regorge les unités d'occupations suivantes : l'eau, les cultures de rentes et forêt dégradée. En somme, le taux d'occupation des classes habitats et cultures vivrières ont encore augmenté. Cette hausse s'accompagne d'une reprise de la forêt en zone humide (Fig.4).



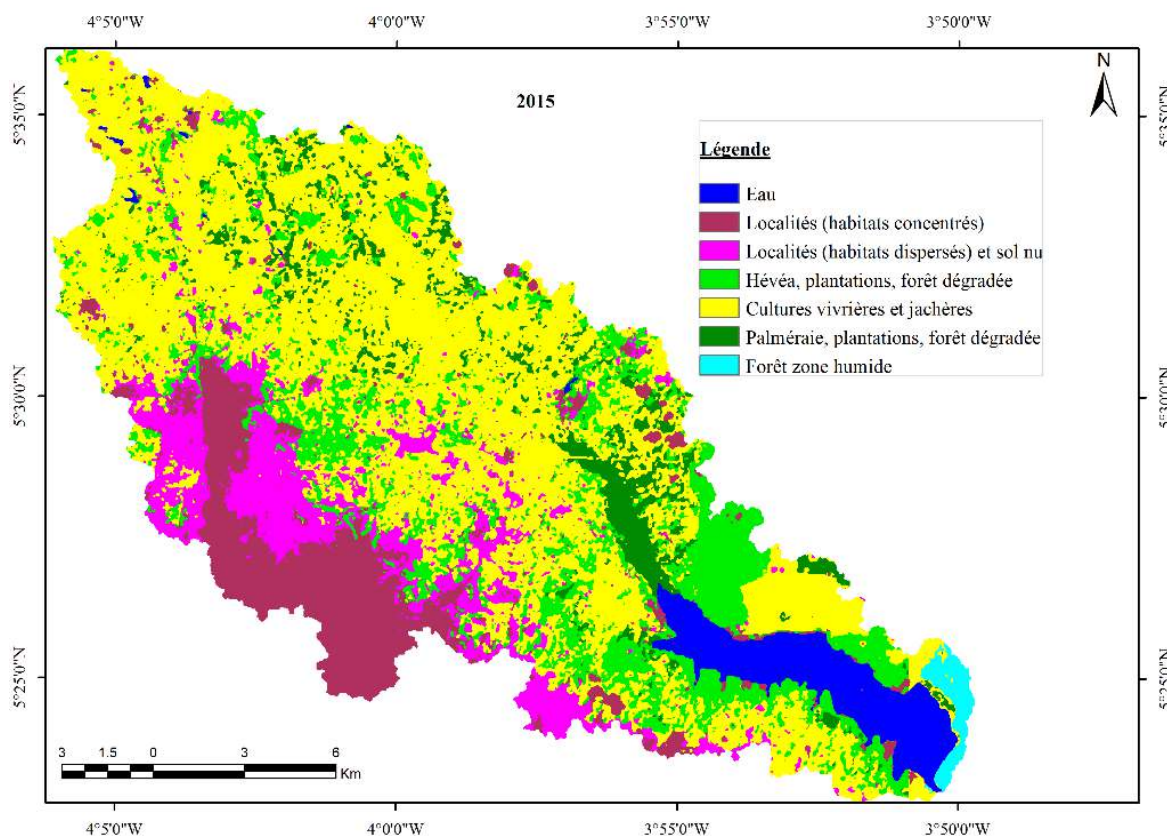


Fig. 4. Evolution des unités d'occupation entre 2000 et 2015

Tableau 5. Répartition des différents types d'occupation du sol de 2000 à 2015 sur le bassin versant Aghien

Classes OCS	2000		2015		Progression (km ²)	Régression (km ²)	Taux d'évolution (%)
	P (%)	S (Km ²)	P (%)	S (Km ²)			
EA	5,83	20,47	5,35	18,79		-1,68	-8,21
HC	6,81	23,89	10,34	36,28	12,39		51,86
CVJ	37,28	130,85	46,79	164,24	33,39		25,52
HD	9,50	33,34	12,56	44,10	10,76		32,27
FZH	0,83	2,90	0,90	3,16	0,26		8,96
PPFD	8,35	29,31	6,93	24,32		-4,99	-17,02
HPFD	31,40	110,24	17,13	60,11		-50,13	-45,47
TOTAL	100	351	100	351			

4.2.3 BILAN DE LA DYNAMIQUE DU COUVERT VÉGÉTAL ENTRE 1987 ET 2015

L'analyse du tableau 6 dresse le bilan de l'état du couvert végétal dans le bassin versant Aghien, entre 1987 et 2015. Elle présente une tendance à l'augmentation des classes habitats concentrés et habitats dispersés et des Cultures vivrières et jachères (fig.5). A l'opposé, on remarque une régression des surfaces occupées par la forêt, l'eau, les cultures de rentes palmier à huile et hévéa. En effet, les unités d'occupation du sol en hausse sont passées de 166,18 à 244,62 km², tandis que celles des zones en régression ont connues une diminution de leur superficie allant de 184,84 à 106,38 km² pendant la durée d'observation de 28 ans. Durant cette période, le pourcentage des classes est passé respectivement de 11,92% à 22,90% pour l'ensemble des habitats et sols nus, de 35,42% à 46,79% pour les cultures vivrières et jachères soit une augmentation respective de 92,11% et 32,10%. Quant à la classe des cultures de rentes (plantations d'hévéa et palmier à huile), les taux d'occupation sont passés respectivement de 32,08% à 17,13% et de 13,67% à 6,93% ce qui correspond à une réduction de 46,60% pour l'hévéa et de 49,31% pour le palmier à huile. On remarque également une légère régression des surfaces d'eau allant de 5,67% à 5,35% soit une baisse de 5,64%.

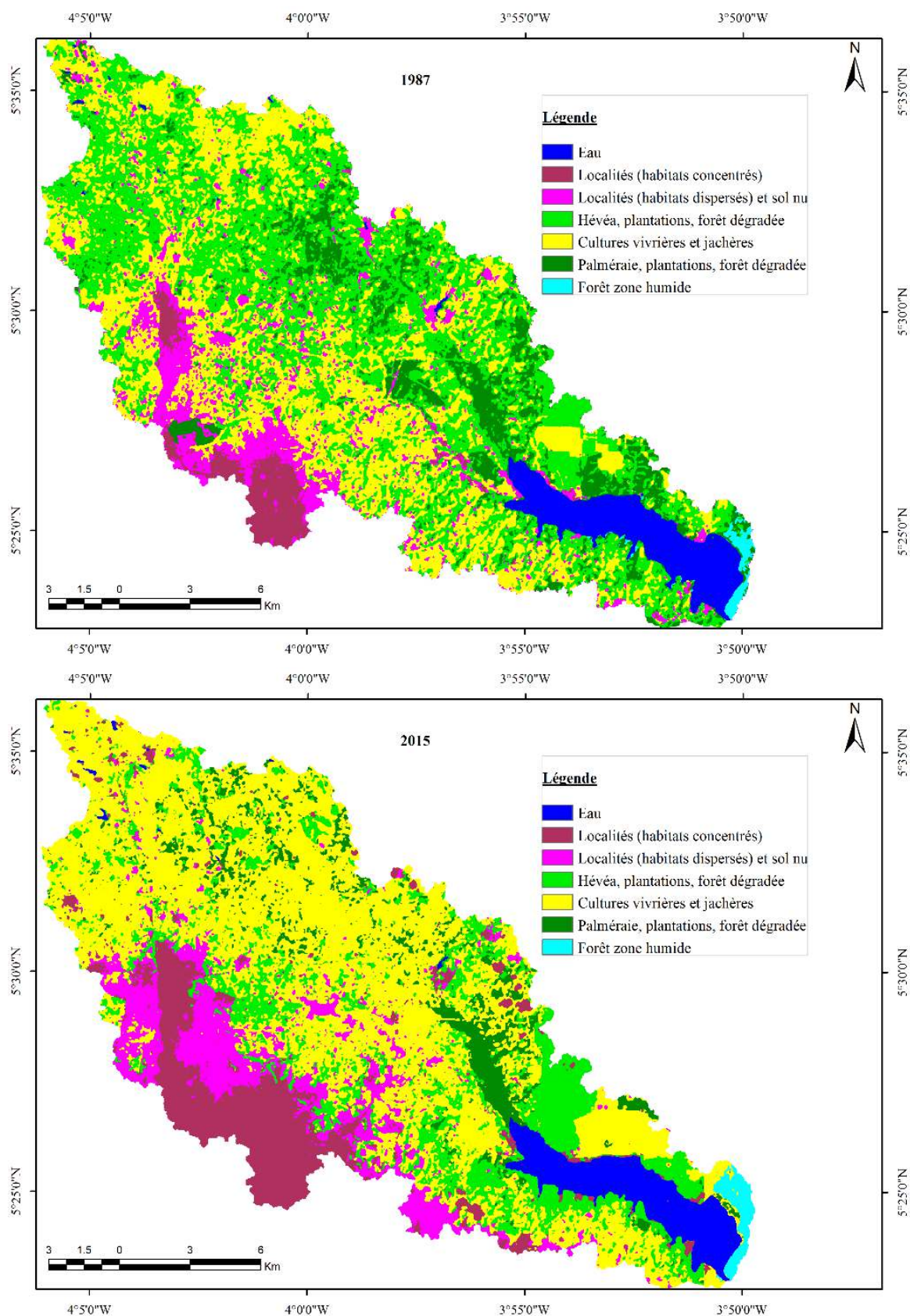


Fig. 5. Evolution des unités d'occupation du sol entre 1987 et 2015

Tableau 6. Répartition des différents types d'occupation du sol de 1987 à 2015 sur le bassin versant Aghien

Classes OCS	1987		2015		Progression (km ²)	Régression (km ²)	Taux d'évolution (%)
	P (%)	S (Km ²)	P (%)	S (Km ²)			
EA	5,67	19,90	5,35	18,79		-1,11	-5,58
HC	3,93	13,80	10,34	36,28	22,48		162,90
CVJ	35,42	124,32	46,79	164,24	39,92		32,11
HD	7,99	28,06	12,56	44,10	16,04		57,16
FZH	1,24	4,34	0,90	3,16		-1,18	-27,19
PPFD	13,67	47,99	6,93	24,32		-23,67	-49,32
HPFD	32,08	112,61	17,13	60,11		-52,5	-46,62
TOTAL	100	351	100	351			

En termes de mutation, la figure 6 indique une progression des cultures vivrières et jachères (+11), habitats concentrés et dispersés (+6) et (+5) respectivement au détriment des cultures pérennes hévéa (-15) et palmier à huile (-7), la forêt en zone humide (-0.34) et la retenue d'eau (-0,32) durant la période d'observation qui s'étend de 1987 à 2015. Cette légère diminution des surfaces occupées par les cours d'eau et la forêt en zone humide peut s'expliquer par la baisse pluviométrique au cours de ces dernières décennies.

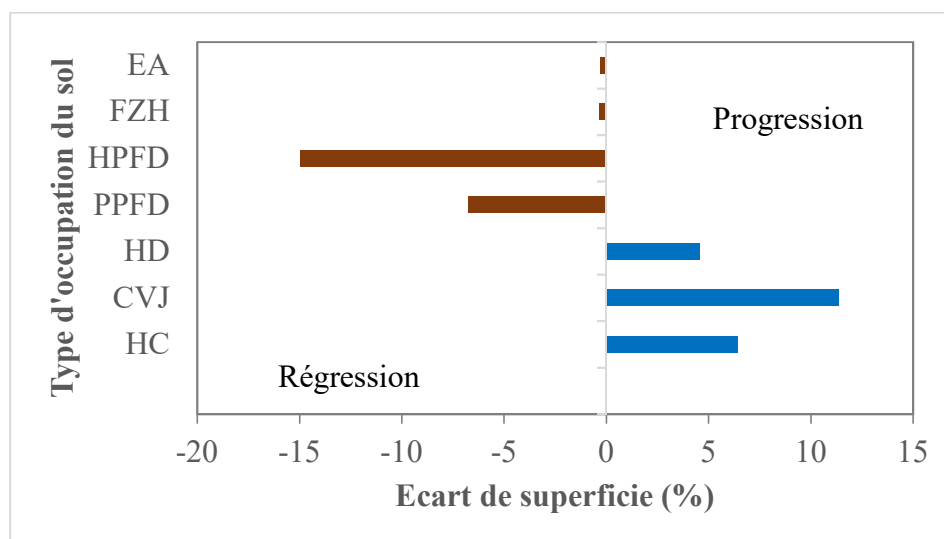


Fig. 6. Taux d'évolution des unités d'occupation du sol de 1987 à 2015

4.3 EVALUATION DES EFFETS DE LA PRESSION HUMAINE SUR LE PAYSAGE

Cette analyse a été possible grâce à la droite d'équation $y = ax + b$, où y représente les états de surface, x la population, a et b étant les constantes. Dans le bassin versant Aghien, la population est à la base des différents changements (figure 7) qui ont lieu sur la période d'étude (1987-2015). Contrairement aux surfaces en végétation et cultivées, les surfaces habitées ont une tendance globalement à la hausse. Les habitations ont connues une augmentation de leur superficie de 4186 à 8038 ha entre 1987 et 2015. Quant aux zones forestières et cultivées, elles ont diminué respectivement de 118 ha et 3625 ha dans la même période.

En plus du traitement d'image, la visite de terrain a permis de constater des espaces réservés sur le bassin qui vont servir de construction de logements (Fig.8) dans les années à venir.

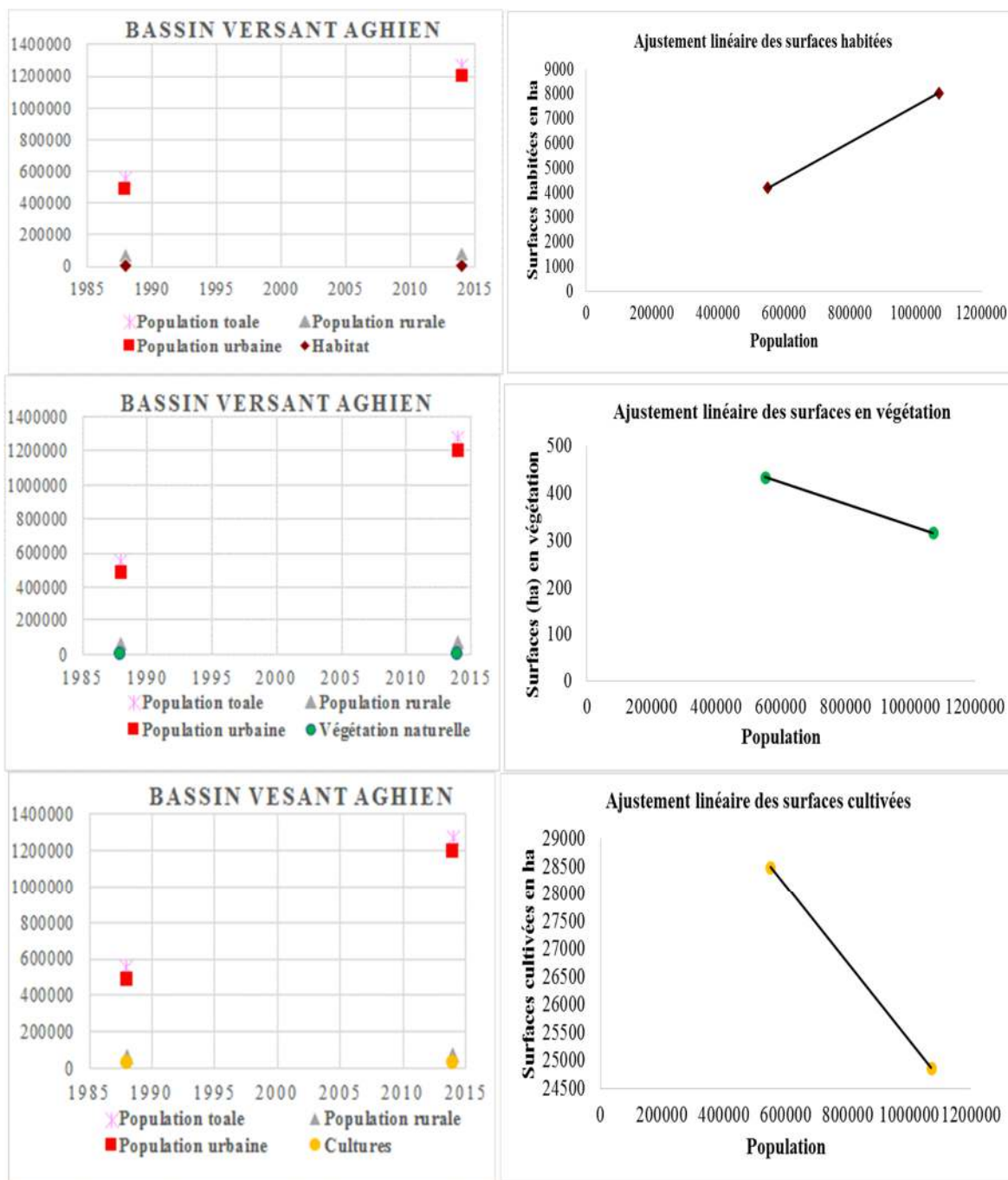


Fig. 7. Relation entre pression démographique et états de surface



Fig. 8. *Projet de lotissement et de construction de terrain*

5 DISCUSSION

Les résultats de la classification des images de 1987, 2000 et 2015 donnent respectivement des valeurs de coefficients de kappa (88,91%, 89,08% et 92,37%) et de précision globale (91,31%, 91,38% et 94,21%). Ces résultats témoignent de la validité des classifications. Ces résultats sont corroborés par les travaux de ([16] et [17]). Selon [9], une étude d'occupation du sol peut être validée si l'indice kappa est compris entre 50% et 75%. Nos valeurs d'indice s'inscrivent dans la plage de valeurs ainsi déterminées. Elles sont sensiblement égales à la marge des valeurs obtenues par ces auteurs. En effet, [16] dans la région d'Aboisso ont obtenu respectivement une précision de 89,14% pour l'image de 1986 et de 97,14% pour l'image de 2010 avec des indices de Kappa respectifs de 0,858 à 0,961. [17] a obtenu des précisions de (90,34% et 88,04%) avec des indices kappa respectifs de 0,862 et 0,833 en classifiant des images landsat couvrant la région de Bouregreg au Maroc de 1985 à 2007. Les valeurs de précision globale confirment que les résultats de l'algorithme du maximum de vraisemblance est satisfaisant. Malgré la bonne discrimination des thèmes, il existe des confusions observées d'une part entre les cultures et jachères et les plantations d'hévéa et forêt dégradée dans les deux images. Et d'autre part entre les plantations de palmier à huile et forêt dégradée et les forêts en zone humide. Ces confusions seraient dues au fait que ces classes ont la même réflectance. [6] qui a travaillé dans la même zone d'étude stipule que les valeurs de confusion sont bonnes et fiables, car elles ne sont pas en dessous de 70%, valeur limite selon [18].

L'analyse de l'évolution spatio-temporelle du couvert végétal du bassin versant Aghien à partir des images satellitaires TM (1987) ; ETM+ (2000) et Landsat 8 (2015) montre que les habitats et sol nu, les cultures vivrières et jachères augmentent de façon significative au détriment de la forêt, l'eau et les cultures pérennes (palmier à huile et hévéa). Ce bassin versant a connu entre les années 1987 et 2000 une déforestation au profit des cultures industrielles. En effet, la déforestation de la forêt dense est due en majorité à la création des plantations agro-industrielles. La réduction de la végétation dans le bassin Aghien (1,24% en 1987 à 0,83% en 2000) est le résultat de l'installation de plusieurs plantations industrielles telles que l'institut de Recherche pour les huiles et oléagineuses (IRHO) créée en 1963, de la société PALMAFRIQUE ex-PALMINDUSTRIE créée en 1969. A cela s'ajoute les plantations industrielles d'hévéa des compagnies Elaeis et Yacé et des plantations villageoises comme l'ont montré les études de [6] au Sud-est de la Côte d'Ivoire plus précisément dans la zone à savoir les lagunes Aghien et Potou. A cette date, les cultures industrielles font appel à une forte densité de la population. Cette augmentation de la population va de pair avec l'augmentation de la nourriture. Ces mêmes résultats ont été obtenus par [19] et [6] qui ont travaillé tous deux au Sud-est de la Côte d'Ivoire respectivement dans le département d'Abengourou et le district d'Abidjan. Selon ces auteurs, la classe forêt dense recule du fait de la déforestation au profit des mosaïques cultures et jachères et des habitats et sols nus.

L'urbanisation de la ville d'Abidjan va contribuer au développement des habitats et cultures vivrières. De 2000 à 2015, tout comme les espaces consacrés à la culture et des espaces urbains, la classe forêt a connu une augmentation. Cette régénérescence de la forêt est imputable au passage du stade jeune au stade adulte ou à la vieillesse des cultures pérennes (palmier à huile et hévéa). En effet, ce regain est le fait que certaines cultures pérennes prennent facilement l'allure de forêt au bout de quelques années. Plusieurs travaux réalisés en Côte d'Ivoire, et particulièrement dans le « V Baoulé » et dans le « Littoral », ont révélé une normalisation des précipitations durant la période 1990-1993 et la décennie 2000-2010 ([10] et [6]). D'une manière générale, l'augmentation des habitats concentrés de 163%, habitats dispersés de 57% et des cultures vivrières et jachères de 32% au détriment de la déforestation et des cultures pérennes de 1987 à 2015 est due à une augmentation des densités humaines sur le bassin qui est passé de 487017 habitants en 1988 à 832890 habitants en 1998 et 1286781 habitants en 2014. Cependant, plusieurs auteurs dont [20] et [21] ont montré que la pression démographique dans les villes du Sud-est

est due à un flux migratoire très dense venu du nord, et ayant pour but final la capital Ivoirienne ou du moins la proximité de celle-ci. Cette ville mégapole composée de population cosmopolite est à la base du défrichement de plusieurs hectares de forêts et de plantations pour une opération «Projet construction» (Fig.8). C'est ainsi que la réduction de la superficie des plantations d'hévéa et de palmier à huile est passée respectivement de 32,08% à 17,13% et de 13,67% à 6,93% de 1987 à 2015, soit un taux d'évolution (-46,60%) pour l'hévéa et de (-49,31%) pour le palmier à huile. Cette baisse n'était pas perceptible de 1987 à 2000. A cette date, la régression des superficies d'hévéa et de palmier à huile était minime. En se conférant aux années 1987-2015, les résultats indiquent que les plantations et forêt de la zone sont l'objet d'une forte dégradation. En effet, cette dégradation semble être liée aux activités anthropiques (défrichements, sarclage des champs et friches, feux de brousse, culture sur brûlis, fabrication du charbon de bois etc.). Ce constat relatif à la déforestation est identique à ceux obtenus par [6] dans une étude de la dynamique de l'occupation du sol dans la même zone. Son étude a montré que la réduction du couvert forestier dans la zone Aghien-Potou est passée de 23,47% en 1986 à 17,43% en 2000, soit une perte de 2,12%. Le taux de régression constaté au niveau de la retenue d'eau (-5,64%) et celui observé au niveau de la formation forestière (-27,42%) sont les plus bas contrairement aux cultures industrielles.

En somme, on peut noter que l'expansion des aires urbaines et de cultures vivrières et jachères participent plus à la régression des espaces verts (forêt et plantation). [22] et [23] affirment que l'accroissement des espaces de culture et des agglomérations ou toutes modifications des états de surface ont des répercussions sur les ressources en eau du milieu.

6 CONCLUSION

L'étude de l'évolution du couvert végétal sur le bassin versant Aghien a permis de cerner sa dynamique spatio-temporelle de 1987 à 2015. La modification paysagère est sous l'influence des activités socio-économiques. L'occupation du sol dans cette zone est caractérisée par une extension de la zone urbaine (+220,06%) et des cultures vivrières et jachères (+32,11%) au détriment des classes forêt (-27,19%), hévéa (-46,62%) et palmier à huile (-49,32%). On note également une légère baisse des points d'eau (-5,58%). Plusieurs facteurs expliquent la fluctuation du couvert végétal, notamment la croissance démographique, le climat et la charge anthropique. Le bassin versant Aghien est donc sous la menace d'une dégradation du couvert végétal dont la principale cause est l'urbanisation galopante et les pratiques agricoles non durables. La configuration spatiale du paysage a profondément changé pendant une durée d'observation de 28 ans. Pour conserver donc l'environnement une sensibilisation des populations s'impose sur la déforestation.

RECONNAISSANCES

Au terme de cette étude, nous remercions vivement les animateurs du programme PRESED (Partenariat rénové pour la Recherche au Service du Développement de la Côte d'Ivoire) et de l'IRD (Institut de Recherche pour le Développement) dans l'espace AMRUGE-C2D 2015-2017 pour avoir accepté de financer le projet AGHIEN auquel nous avons bénéficié.

RÉFÉRENCES

- [1] INS, "Recensement Général de la Population et de l'Habitation (RGPH) 1998. Données socio-démographiques et économiques des localités, résultats définitifs par localités, région des lagunes." 26p, 2014.
- [2] N. Soro, T. Lasm, B. H. Kouadio, G. Soro et K. E. Ahoussi, "Variabilité du régime pluviométrique du Sud de la Côte d'Ivoire et son impact sur l'alimentation de la nappe d'Abidjan," *Sud sciences et technologies*, no. 14, pp. 30-40, 2006.
- [3] K. K. Innocent, "Pollution physico-chimique des eaux dans la zone de la décharge d'Akouédo et analyse du risque de contamination de la nappe d'Abidjan par un modèle de simulation des écoulements et du transport des polluants," Thèse unique de Doctorat de l'Université d'Abobo-Adjamé, Abidjan (Côte d'Ivoire), 205p, 2007.
- [4] Kouassi K. A., Kouassi F.W., Goula B.T.A., Kouamé K.I., Dibi B., Savané I., "Modèle Conceptuel du Bassin Sédimentaire Côtier Ivoirien: Cas de la nappe du Continental Terminal d'Abidjan," *European Journal of Scientific Research*, vol. 44, n° 3, pp. 400-419, 2010.
- [5] Y. A. Berthe, K. K. Innocent, K. K. Auguste, K. Kouadio, G. B. T. Albert et I. Savané, "Estimation de la recharge d'une nappe côtière en zone tropicale humide: Cas de la nappe du Continental Terminal d'Abidjan (Côte d'Ivoire)," *Int. J. Innov. Appl. Stud.*, vol. 12, no. 4, pp. 888-898, 2015.
- [6] Traore A., "Impacts des changements climatiques et du changement de l'occupation et de l'utilisation du sol sur les ressources en eau de l'environnement lagunaire d'Aghien et de Potou (Sud-Est de la Côte d'Ivoire)," Thèse de doctorat Université Felix Houphouët Boigny de Cocody, Côte d'Ivoire, 220p, 2016.

- [7] A. Traore, G. Soro, E. K. Kouadio, B. S. Bamba, M. S. Oga, et N. Soro, "Évaluation des paramètres physiques, chimiques et bactériologiques des eaux d'une lagune tropicale en période d'étiage: la lagune Aghien (Côte d'Ivoire)," vol. 6, no. 6, pp. 7048–7058, 2012.
- [8] Yéo épouse SORO Kandana Marthe, "Dynamique spatiale et temporelle des caractéristiques des eaux et des sédiments, et statut trophique du système lagunaire périurbain Adjin-Potou (Côte d'Ivoire)," Thèse de doctorat Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire, 165p, 2015.
- [9] D. Soro, B. D. Kouakou, E. A. Kouassi, G. Soro, A. M. Kouassi, K. E. Kouadio, M.-S. O.Yéi et N. Soro, "Hydroclimatologie et dynamique de l'occupation du sol du bassin versant du haut Bandama à Tortya (Nord de la Côte d'Ivoire)," vol. 13, no. 3, pp. 1–22, 2013.
- [10] A. Dao, "Caractérisation des composantes du cycle de l'eau et processus de production de l'écoulement : cas du bassin versant transfrontalier de Kolondiéba au Sud du Mali en milieu tropical de socle," Thèse de doctorat de l'Université Nangui Abrogoua, Côte d'Ivoire, 184p, 2013.
- [11] G. Soro, E. K. Ahoussi, E. K. Kouadio, T. D. Soro, S. Oulare, M. B. Saley et N. Soro, "La dynamique de l'occupation du sol dans la région des Lacs (Centre de la Côte d'Ivoire)," *Afrique science*, vol. 10, no. 3, pp. 146–160, 2014.
- [12] G. Soro, E. K. Ahoussi, E. K. Kouadio, T. D. Soro, S. Oulare, M. B. Saley, and N. Soro, "la dynamique de l'occupation du sol dans la région des Lacs (Centre de la Côte d'Ivoire)," vol. 10, no. 3, pp. 146–160, 2014.
- [13] Y. A. N'GO, "Hydrologie et dynamique de l'état de surface des terres dans le Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire: impacts et moteurs de dégradation. Doctorat d'état ès Sciences Naturelles de l'université Nangui Abrogoua en Sciences et Gestion de l'Environnement," 220p, 2015.
- [14] FAO, "Forest resource assessment 1990. Global Synthesis. FAO Rome." 1995.
- [15] M.S. Toyi, Y.S.S. Barima, A. Mama, M.André, J.-F. Bastin, C. Cannière, B. Bogaert, "Tree Plantation will not compensate naturel woody vegetation cover loss in Atlantic Department of Southern Benin," *Tropicultura*, vol. 31, pp 62-70, 2013
- [16] J. Avakoudjo, A. Mama, I. Toko, V. Kindomihou, and B. Sinsin, "Dynamique de l'occupation du sol dans le Parc National du W et sa périphérie au Nord-Ouest du Bénin," vol. 8, no.6 December, pp. 2608–2625, 2014.
- [17] L. Coulibaly, K. H. Kouassi, G. E. Soro et I Savané I., "Analyse du processus de savanisation du nord de la Côte d'Ivoire par télédétection: cas du département de Ferkessédougou" *inter. J.of Innov. and Applied Studies*, vol. 17 no.1, pp. 136-143, 2016.
- [18] N. Coulibaly, D.L. Gone, H. J. T. Coulibaly, R. G. A. Attey et I. Savane, "Utilisation de la télédétection pour le suivi de la dynamique de la forêt Classée de Soumié, Sud-Est de la Côte d'Ivoire," *European Journal of Scientific Research*, vol. 137, no. 3, pp 214-222, 2016.
- [19] A. Z. Tra Bi, "Étude de l'impact des activités anthropiques et de la variabilité climatique sur la végétation et les usages des sols, par utilisation de la télédétection et des statistiques agricoles, sur le bassin versant du Bouregreg (Maroc)," Thèse de doctorat de l'Université HydroSciences Montpellier, France, 190p, 2013.
- [20] V. J. Mama et J. Oloukoi, "Evaluation de la précision des traitements analogiques des images satellitaires dans l'étude de la dynamique de l'occupation du sol. Télédétection," Vol.3, N°5, pp. 429-441, 2003.
- [21] N. Aka, "Impact des activités anthropiques sur les ressources en eau du département d'Abengourou (Est de la Côte d'Ivoire): apport de l'hydroclimatologie, de la télédétection et de l'hydrochimie," Thèse de doctorat, Université de Cocody, 249p, 2014.
- [22] M. Verniere, "Anyama étude de la population et du commerce Kolatier," vol. 6, no. 1, 30p, 1969.
- [23] D. Nouffé, "Changements hydroclimatiques et transformations de l'agriculture: l'exemple des paysanneries de l'Est de la Côte d'Ivoire," Thèse de doctorat de l'Université de Paris 1, 375p, 2011.
- [24] G.E. Aké, "Impacts de la variabilité climatique et des pressions anthropiques sur les ressources hydriques de la région de Bonoua," Thèse de doctorat, Université de Cocody, 204p, 2010.
- [25] A. Akognongbe, D. Abdoulaye, E. W. Vissin et M. Boko, "Dynamique de l'occupation du sol dans le bassin versant de l'Oueme à l'exutoire de Bétérou (Bénin)," *Afrique Science*, vol. 10, no. 2, pp. 228–242, 2014.