

Dynamique Spatio Temporelle De L'Occupation Des Terres Du Bassin Versant De La Rivière Des Cinq Bras En 2010 Et 2020

Ibrahim Orou Bata¹, Sahabi Bio Bangana¹, Parfait Kassa¹.

¹Ibrahim OROU BATA, Ecole d'Aquaculture de l'Université Nationale d'Agriculture (EAq/UNA), BP 43 Kétou, E-mail : ioroubata@gmail.com, Tél. : (+229) 0167818685, République du Bénin

¹Sahabi BIO BANGANA, Ecole d'Aquaculture de l'Université Nationale d'Agriculture (EAq/UNA), BP 43 Kétou, E-mail : biobanganaa@yahoo.fr, Tél. : (+229) 0197931904, République du Bénin

¹Parfait KASSA, Ecole d'Aquaculture de l'Université Nationale d'Agriculture (EAq/UNA), BP 43 Kétou, E-mail : parfaitos2007@yahoo.fr, Tél. : (+229) 0196861221, République du Bénin

Auteur correspondant : Ibrahim Orou Bata. E-mail : ioroubata@gmail.com



Résumé : L'intérêt de cette étude est d'évaluer la dynamique de l'occupation des terres en apportant quelques précisions relatives à l'occupation des espaces maraichers dans le bassin versant de la rivière des cinq bras. Les données planimétriques qui ont servi de base cartographique, sont les images satellites Landsat ETM+ de 2010 et OLI-TIRS de 2020. La méthode utilisée est basée sur l'analyse diachronique de l'occupation des terres. Il a été observé des changements spatio-temporels dans le paysage. Cette différence s'est faite remarquer plus au niveau les habitations et des sols dénudés qui ont sérieusement augmentés de proportion respectivement (9,68 %) et (8,3 %). Les habitations ont un taux moyen annuel d'expansion de 3,2 % et les sols dénudés une augmentation de 9,9 %. Les superficies des cultures en jachère (1,91 %) et les plans d'eau (56,01 %) ont aussi connu une augmentation avec un taux moyen annuel d'expansion respectivement de (0,1 %), (5,6 %). Quant aux forêts galeries, forêts denses, forêts classées savanes boisées, savanes arborées arbustives, mangroves, marécageuses et les cultures en jachère sous palmier avec respectivement un taux d'évolution de -77,02 %, -56,16, -22,34, -56,13, -3,27, -36,38, et -56,01 ont vu leurs superficies régressées. La superficie des plantations dans le bassin versant de la rivière des cinq bras et sur une période de dix ans est restée relativement stable. Parmi les unités d'occupation qui ont vu leur superficie régressée, figure les mangroves, marécageuses et les cultures en jachère sous palmier qui constituent les espaces maraichers dans le bassin versant de la rivière des cinq bras.

Mots clés : Dynamique, Occupation du sol, Bassin versant de la rivière des cinq bras, Espaces maraichers.

Abstract: The interest of this study is to evaluate the dynamics of land use by providing some details relating to the occupation of market gardening areas in the watershed of the Cinq Bras River. The planimetric data used as a cartographic basis are Landsat ETM+ satellite images from 2010 and OLI-TIRS from 2020. The methods used are based on diachronic analysis of land use. Spatio-temporal changes in the landscape were observed. This difference was more noticeable at the level of dwellings and bare soils which have seriously increased in proportion respectively (9.68%) (8.3%). Dwellings have an average annual expansion rate of 3.2% and bare soils an increase of 9.9%. The areas of fallow crops (1.91%) and water bodies (56.01%) also increased with an average annual expansion rate of (0.1%), (5.6%) respectively. As for gallery forest, dense forest, classified forest wooded savannah, shrubby savannah, mangrove, swamp and fallow crops under palm trees with a rate of change of -77.02%, -56.16, -22.34, -56.13, -3.27, -36.38, and -56.01 respectively, their areas decreased. The area

of plantations in the watershed of the Five Arms River and over a ten-year period remained relatively stable. Among the occupation units that have seen their surface area reduced are the mangroves, marshes and fallow crops under palm trees which constitute the market gardening areas in the watershed of the Five Arms River.

Keywords: Dynamics, Land cover, Watershed of the Cinq Bras River, Market gardening areas.

I. Introduction

De multiples pressions d'origine anthropique s'exercent sur la biodiversité et fragilisent son état. En Afrique de l'ouest et particulièrement au Bénin ces pressions de la biodiversité qui se traduisent par la dégradation du couvert végétal s'accroissent de jour en jour.

L'exploitation forestière, l'accroissement des activités pastorales, l'augmentation des superficies agricoles, modifient le couvert végétal au profit de l'érosion hydrique. Ce processus, très menaçant et fréquent caractérise les mutations environnementales observées des versants. Il s'agit de la menace la plus redoutée et la plus répandue dans la dynamique environnementale des versants (Rodríguez-Juan *et al.*, 2015). Selon (Roose, 1994 ; Conedera *et al.*, 2010), les écosystèmes qui maintiennent et améliorent la fertilité des sols des milieux tropicaux sont les forêts et savanes épargnés par les feux de végétation et les activités agropastorales. Mais leur utilisation à des fins culturelles s'accompagne de leur dégradation. Face à cette tendance lourde, de dégradation des composantes environnementales dans les bassins versants, les producteurs font preuve d'innovation en adoptant des pratiques et techniques plus durable. (Laouina, 2010).

Le Bénin perd 65 000 ha de forêt par an selon les estimations de la FAO (2011), soit un taux annuel de déforestation évalué à 1,3%. Cette dégradation est d'autant plus inquiétante qu'elle ne laisse indifférents ni acteurs de développement, ni chercheurs (Boko *et al.*, 2008).

. Le bassin versant de la rivière des cinq bras est logé dans l'Atlantique et Littoral, les départements les plus peuplés au Bénin. Le milieu d'étude est largement défriché et la forêt équatoriale originelle n'existe plus qu'en petits îlots d'extension négligeable. Actuellement, la végétation est caractérisée par un bush arbustif, associé à des peuplements plus ou moins denses de palmiers à huile, que l'on retrouve sur les plateaux soit à l'état naturel, soit en plantations industrielles.

L'accès aux ressources clés (terres agricoles, point d'eau, bas-fonds, jachères, pâturages, ressources forestières et fauniques) est devenu un enjeu majeur pour les acteurs qui les exploitent. L'analyse de l'occupation des terres du bassin versant de la rivière des cinq bras à partir des images satellites et des SIG a permis de déceler les tendances évolutives de l'occupation des sols et les types de changements qui s'y opèrent, puis d'appréhender les facteurs déterminants de ces changements d'une part et de concevoir une base de données géo-référencées de suivi de dynamiques territoriales d'autre part.

II. Matériel et Méthodes

2.1. Localisation géographique et présentation du bassin versant de la rivière des cinq bras

Le Bassin Versant de la rivière des cinq bras est situé au sud-ouest du Bénin, entre 388626 et 435874 de longitude Est et entre 698381 et 749167 de latitude Nord. Elle est limitée au nord par les arrondissements d'Avakpa, Lissègan, Ayou, Hinvi (Allada), Dawé, Dodji-Bata, Adjan, Yokpo (Zè) et Azohouè-Kada (Tori-Bossito) à l'est par les arrondissements de Calavi, Akassato, Zinvié, Godomey (Abomey-Calavi), 6^{ème} et 9^{ème} Arrondissement de Cotonou, à l'ouest par les arrondissements de Dédome, Dékanmè, Tokpa-Domè, Sègbohoulè, Agonkanmè (Kpomassè) et enfin, au sud par l'Océan Atlantique. Sa superficie est de 1276,25 km².

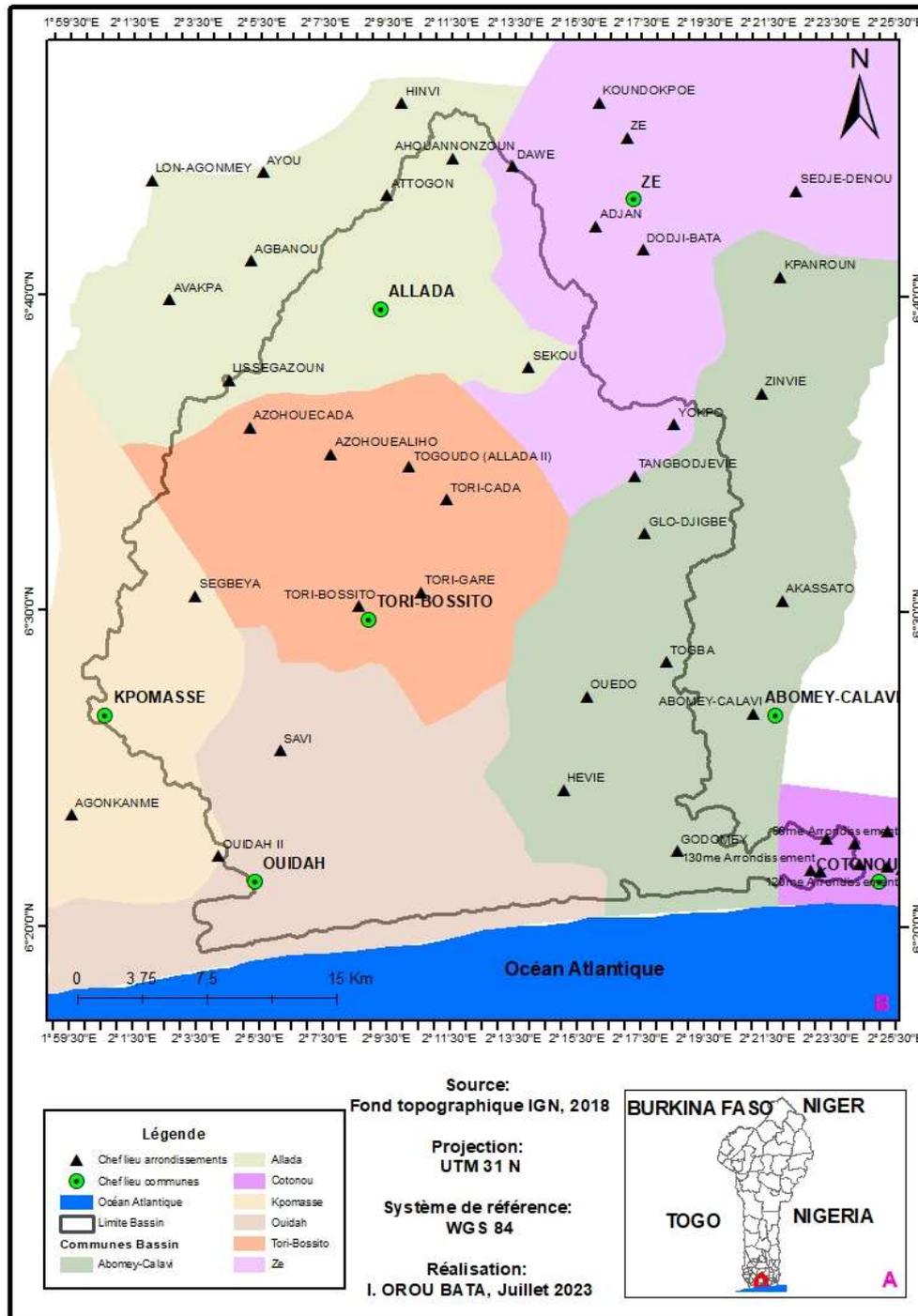


Figure 1 : Localisation géographique bassin versant de la rivière des cinq bras

Le secteur d'étude prend en compte deux (02) départements (Atlantique et le Littoral) composé de 7 communes. Les communes sont réparties dans les différents départements de la manière suivante :

-Atlantique : Abomey-Calvi, Allada, Kpomassè, Ouidah, Tori Bossito et Zè;

-Littoral : Cotonou.

2.2. Matériel de recherche

Les données planimétriques utilisées sont :

- Carte topographique éditées en 2018 par l'Institut National de Géographie au 1/200 000 ;
- une image ETM+ (Landsat 7) en format Geotiff, de 26 octobre 2010 : Path 192 et Row 52 ; Path 192 et Row 53 ; d'une résolution spatiale de 30 m, obtenue dans les archives des images satellitaires du site internet earthexplorer-usgs.gov/usa ;
- une image Landsat OLI-TIRS (Landsat 8) en format Geotiff, de 20 décembre 2020 : Path 192 et Row 52 ; Path 192 et Row 53 ; d'une résolution spatiale de 30 m, obtenue sur le site internet earthexplorer-usgs.gov/usa ;
- les points de géolocalisation par GPS des unités d'occupation du sol.

2.3. Traitement numérique des images satellitaires

Le traitement numérique de chacune des images satellites a été un ensemble de processus d'applications qui ont permis de transformer les images grâce à un logiciel de SIG (ENVI 5.3) en vue de l'extraction des informations. Les étapes essentielles du traitement sont :

- l'exploration et la prise des coordonnées géographiques des différentes formations végétales et autres unités d'occupation des terres à l'aide du GPS a été effectué avant le traitement numérique des images satellitaires et cartographie.
- l'extraction du secteur d'étude a été possible grâce à la commande "Basic tools" du logiciel ENVI 5.3. Les bandes 4-5-3 de Landsat EMT+ de 2010 et 5-4-3 de Landsat OLITIRS de 2020 ont été utilisées pour composition colorée car il y a une forte réflectance de la végétation (Toko Mouhamadou, 2014). Les aires d'entraînement ont été délimitées au pixel près sur l'ensemble des unités d'occupation des terres. Le maximum de vraisemblance est l'algorithme de classification appliqué (Arouna *et al.*, 2016).

2.3.1. Traitement par classification supervisée

La définition de la légende de la carte (Taxon), la définition des classes d'occupation du sol, la création des zones d'entraînement suivant la classe, la signature spectrale, le choix du classifieur, la validation et l'évaluation du résultat de la classification sont réalisés grâce au logiciel de télédétection ENVI 5.3.

Pour la présente recherche, la classification supervisée a été utilisée. Pour ce type de classification, l'analyste supervise le processus de catégorisation des pixels en spécifiant à l'algorithme informatique des descripteurs numériques de divers types d'occupation des terres présents sur la scène. Ainsi, des échantillons représentatifs des sites connus dans l'occupation des terres (bassin versant de la rivière des cinq bras) ont été utilisés pour établir une caractéristique numérique clé pouvant décrire au mieux les attributs spectraux pour chaque type de classes. Pour obtenir une classification avec moins de confusion, il est recommandé de prendre un maximum d'aires d'entraînement par classe. Au total, douze classes d'occupation des terres ont été identifiées sur les images Landsat de 2010 et de 2020. Il s'agit de : (FG) Forêt Galerie, (FD) Forêt Dense, (FCSB) forêt classée savane boisée, (SAA) savane arborée arbustive, (Mgr) mangrove, (Mar) marécageuse, (PLT) Plantations, (CJP) cultures en jachère sous palmier, (CJ) cultures en jachère, (PE) plans d'eau, (SDE) sols dénudés érodés et (Ha) habitations.

Le contrôle-terrain a été effectué pour vérifier les classes de pixels issues de la classification. Après le filtrage de l'image classifiée, le fichier raster a été vectorisé. Ce n'est qu'après la vectorisation que les symboles graphiques et couleurs appropriés et prédéfinis (la nomenclature Corine Land Cover (CLC)) ont été attribués aux différentes unités d'occupation des terres identifiées.

2.3.2. Détection de changements au niveau des unités d'occupation des terres

Pour décrire les changements d'occupation des terres intervenus entre 2010 et 2020, la matrice de transition a été utilisée. La matrice de transition entre deux états (t_0 et t_1) est obtenue à partir des statistiques données par les logiciels de SIG et traitées dans Excel. Ces statistiques proviennent de la superposition des deux cartes d'occupation des terres grâce à la fonction « *Intersect* » de la boîte

à outils « ArcToolBox » du logiciel ArcGIS 10.8 en vue de détecter les changements opérés dans l'occupation des terres entre deux dates. Elle est constituée de X lignes et de Y colonnes. Le nombre de lignes de la matrice indique le nombre de formations végétales au temps t_0 ; le nombre Y de colonnes de la matrice est le nombre de classes de végétation converties au temps t_1 et la diagonale contient les superficies des formations végétales restées inchangées. Les transformations se font donc des lignes vers les colonnes. Cette matrice a permis également de calculer les taux moyens annuels d'expansion spatiale (T) et les taux de conversion des unités d'occupation des terres entre 2010 et 2020.

□ *Taux moyens annuels d'expansion spatiale (T)*

Le taux moyen annuel d'expansion spatiale exprime la proportion de chaque unité d'occupation des terres qui change annuellement. La formule utilisée à cet effet est :

$$T = \frac{(\ln S_2 - \ln S_1)}{(t_2 - t_1)} \times 100$$

Avec **T** : taux moyen annuel d'expansion spatiale ; **S1** et **S2** : Superficie d'une unité d'occupation des terres aux dates t_1 et t_2 respectivement ; **t2 - t1** : nombre d'années d'évolution ; **ln** : Logarithme népérien ;

✓ *Taux de conversion des unités d'occupation des terres*

Il a permis de mesurer le degré de conversion d'une unité donnée en d'autres unités d'occupation des terres. La formule utilisée à cet effet est :

$$Tc = \frac{S_{it} - S_{is}}{S_{is}} \times 100$$

Avec **Tc** : taux de conversion ; **S_{it}** : Superficie de l'unité *i* à la date initiale *t* ; **S_{is}** : Superficie de la même unité demeurée stable à la date t_1 .

✓ *Analyse des intensités et vitesses des changements entre 2010 et 2020*

Les programmes d'analyse Pontius Matrix 22 et Intensity Analysis 02. xlms de Aldwailk et Pontius, (2012) ont permis de d'évaluer l'intensité et la vitesse de changement des unités d'occupation des terres entre 2010 et 2020. L'état de rapidité des changements est déterminé grâce à la ligne verticale en bleu, appelée ligne de zone uniforme. Si le graphique est à gauche de cette ligne, le changement est dit lent ou dormant. Mais si celui-ci est à droite de cette ligne, le changement est rapide ou actif. Le second programme grâce à la matrice de transition a aussi permis de générer les statistiques pour les changements selon les intervalles de temps, entre chaque catégorie d'occupation des terres. Il est de même pour les pertes et gains survenus lors des transitions entre unités.

III. Résultats

3.1. Distribution spatiale et quantification des catégories d'occupation du sol du bassin versant de la rivière des cinq bras

Le paysage du bassin versant de la rivière des cinq bras en 2010 était occupé par douze unités différentes d'occupation du sol. Les plantations occupaient une place importante (Figure 10). Elles couvraient une superficie de 55979, 23 Ha soit 40.73 % de la superficie totale du bassin versant de la rivière des cinq bras. La figure 10 suivant présente la distribution des différentes unités qui occupent l'espace du bassin versant de la rivière des cinq bras.

Dans un espace de 137 445,79 Ha se retrouvent sept (7) communes dont Abomey-Calavi et Cotonou qui font parties les plus peuplées du Bénin. Les activités agricoles poussent donc les populations à dévaster la forêt naturelle et laisser place aux plantations qui occupent aujourd'hui une première place sur le bassin versant de la rivière des cinq bras en thème d'occupation.

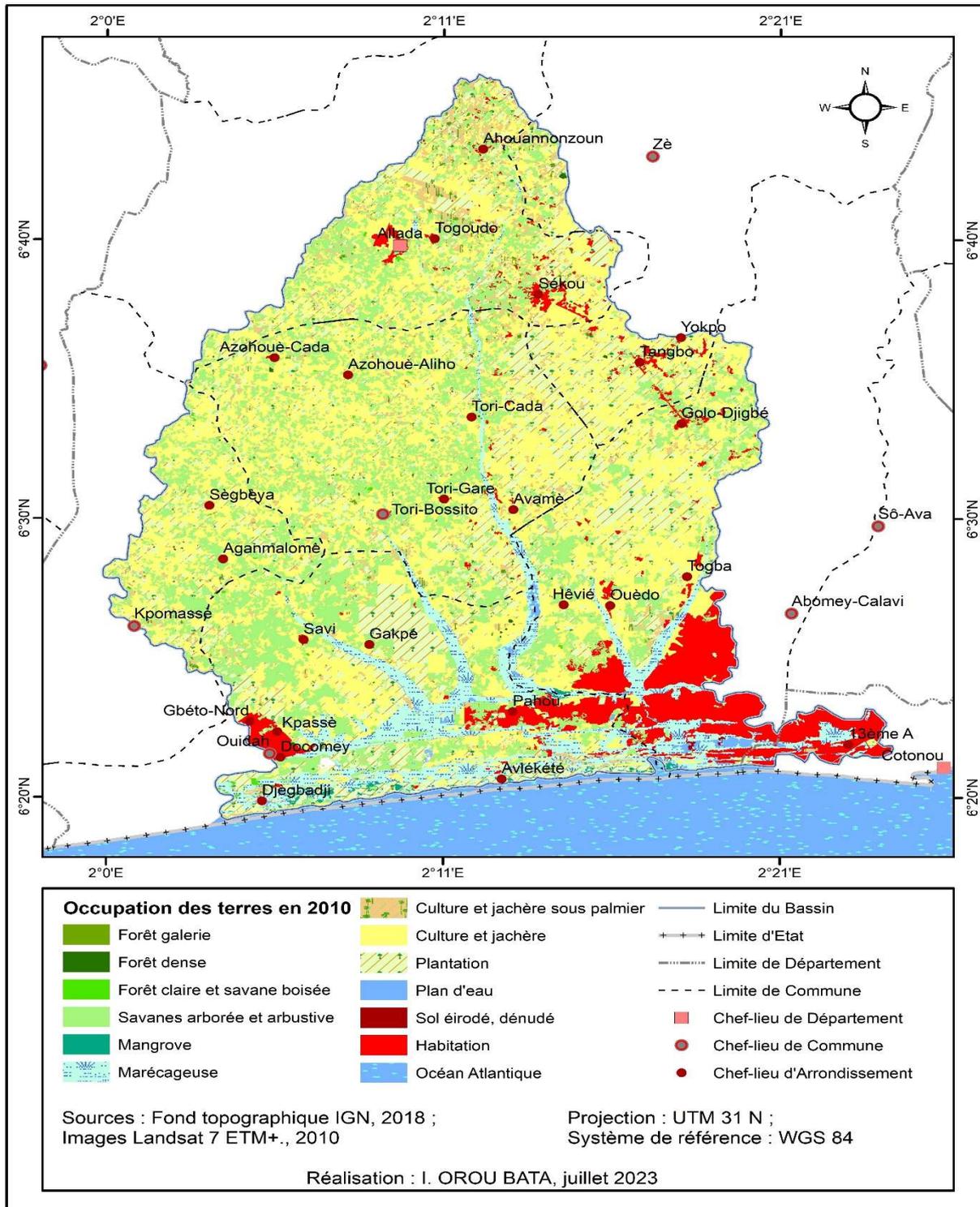


Figure 2 : Occupation du sol en 2010

Source : Image ETM + (Landsat 7) de 2010, résolution 30 m, Path 193 - Row 53

L'observation de figure 2 une inégale répartition des unités d'occupation du sol sur le bassin versant de la rivière des cinq. En effet, les Habitations sont plus concentrées au Sud-Est vers le Sud-Ouest. Les cultures et jachères sous palmier sont plus observées à l'Est et les forêts claires et quelques reliques de forêts denses se situent à l'Ouest du bassin versant de la rivière des cinq bras.

Les superficies et proportions des différentes catégories d'occupation du sol du bassin versant de la rivière des cinq bras se présentent comme suit (tableau I) :

Tableau I : Catégories d'occupation et leurs superficies en 2010

N°	Unités d'occupation de terres	Année 2010	
		Superficies (Ha)	Proportion (%)
1	Forêt Galerie	27,58	0,02
2	Forêt Dense	55,61	0,04
3	Forêt claire Savane Boisée	147,84	0,11
4	Savane Arborée Arbustive	32959,20	23,98
5	Mangrove	207,19	0,15
6	Marécageuse	9676,96	7,04
7	Plantation	55979,23	40,73
8	Culture et Jachère	22935,13	16,69
9	Culture et Jachère sous Palmier	5845,44	4,25
10	Plan d'Eau	555,28	0,4
11	Sol Erodé Dénudé	24,45	0,02
12	Habitation	9031,89	6,57
Total		137445,79	100

Source : Image ETM + (Landsat 7) de 2010

L'examen du tableau I et de la figure 10 permet de comprendre qu'en 2010, la physionomie du bassin versant de la rivière des cinq bras est largement occupée par les plantations et les Savanes arborées arbustives respectivement à 40,73 % et 23,98 %. Ces deux unités d'occupations du sol dominant l'espace du milieu avec une proportion de 64,71 %. Les autres unités remarquables sont les cultures en jachères (16,69 %), les marécages (7,04 %), les habitations (6,57 %) et les cultures et jachère sous palmier (4,25 %). Les unités qui occupent en très faible proportion l'espace du bassin versant de la rivière des bras sont les mangroves (0,15 %), les forêts claires et savanes arborées (0,11 %), les forêts denses (0,4 %), les plans d'eau (0,4 %), les forêts galeries (0,2 %) et les sols érodés dénudés (0,2 %).

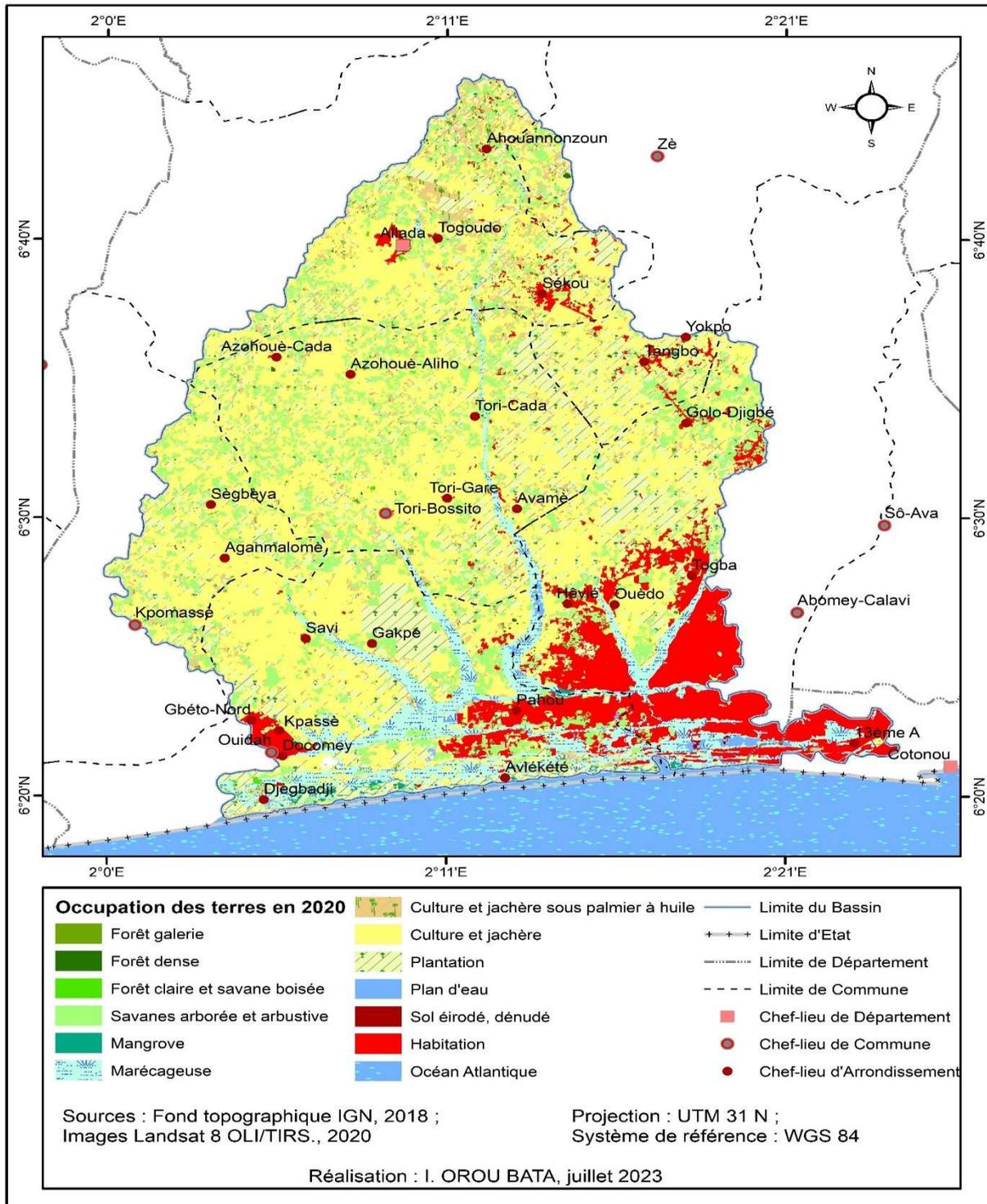


Figure 3 : Occupation du sol en 2020

Source : Image OLI-TIRS Landsat 8 de 2020

L'observation de cette répartition des unités qui occupent la surface du bassin versant de la rivière des cinq bras montre que les plantations occupaient une place importante (Figure 10). Elles couvraient une superficie de 55635,26 Ha soit 40.48 % de la superficie totale du bassin versant de la rivière des cinq bras.

Tableau II : Catégories d'occupation et leurs superficies en 2020

N°	Unités d'occupation de terres	Année 2010	
		Superficies (Ha)	Proportion (%)
1	Forêt Galerie	15,58	0,01
2	Forêt Dense	35,61	0,03
3	Forêt claire Savane Boisée	120,84	0,09
4	Savane Arborée Arbustive	21109,50	15,38
5	Mangrove	200,62	0,14
6	Marécageuse	7095,17	5,16
7	Plantation	55635,26	40,48
8	Culture et Jachère	23382,25	17,01
9	Culture et Jachère sous Palmier	3859,94	2,8
10	Plan d'Eau	1262,28	0,92
11	Sol Erodé Dénudé	11418,33	8,3
12	Habitation	13300,41	9,68
Total		137435,79	100

Source : Image sentinelle de 2020

L'examen du tableau I et de la figure 10 permet de comprendre qu'en 2020, la physionomie du bassin versant de la rivière des cinq bras est largement occupée par les plantations les cultures en jachères et les Savanes arborées arbustives respectivement à 40,48 %, 17,01 % et 15,38 %. Les autres unités remarquables et qui ont connues une forte croissance en occupant plus de terres sont les habitations (9,68 %) et les sols érodés dénudés (8,3 %). Les proportions dont occupent les unités marécageuses ont considérablement diminuées (5,16 %). Les unités qui occupent en très faible proportion l'espace du bassin versant de la rivière des bras sont les mangroves (0,14 %), les forêts claires et savanes arborées (0,09 %), les forêts denses (0,03 %), les plans d'eau (0,92 %), les forêts galeries (0,01 %) et les Cultures et Jachère sous Palmier (2,8 %).

3.2. Dynamique de l'occupation des terres entre 2010 et 2020

Pour mieux apprécier la dynamique de l'occupation du sol, les cartes de changement d'état de toutes les catégories d'occupation du sol ont été réalisées sur les périodes 2010 et 2020. Ainsi les taux d'évolution de chaque catégorie d'occupation et les matrices de transition ont permis de mieux apprécier cette dynamique.

3.2.1. Détection des changements spatio-temporels entre 2010 et 2020

L'écart entre les superficies de chaque catégorie d'occupation du sol entre deux dates donne une indication globale du changement intervenu. Ainsi, entre 2010 et 2020 les superficies des catégories d'occupation du sol ont évolué (tableau III).

Tableau III : Superficies des unités d'occupation des terres en 2010 et en 2020

N°	Unités d'occupation de terres	Superficies (Ha)	Proportion (%)	Superficies (Ha)	Proportion (%)	Bilan
1	Forêt Galerie	27,58	0,02	15,58	0,01	-0,01
2	Forêt Dense	55,61	0,04	35,61	0,03	-0,01
3	Forêt claire Savane Boisée	147,84	0,11	120,84	0,09	-0,02
4	Savane Arborée Arbustive	32959,20	23,98	21109,50	15,38	-8,6
5	Mangrove	207,19	0,15	200,62	0,14	-0,01
6	Marécageuse	9676,96	7,04	7095,17	5,16	-1,88
7	Plantation	55979,23	40,73	55635,26	40,48	-0,25
8	Culture et Jachère	22935,13	16,69	23382,25	17,01	0,32
9	Culture et Jachère sous Palmier	5845,44	4,25	3859,94	2,8	-1,45
10	Plan d'Eau	555,28	0,4	1262,28	0,92	0,52
11	Sol Erodé Dénudé	24,45	0,02	11418,33	8,3	8,28
12	Habitation	9031,89	6,57	13300,41	9,68	3,11
	Total	137445,79	100	137435,79	100	100

Source : Image ETM + Landsat 7 2010 et OLI-TIRS Landsat 8 de 2020

De l'analyse du tableau III, il ressort qu'au niveau des formations anthropiques, les sols érodés dénudés, ont connu la plus forte expansion avec une expansion moyenne annuelle de 8,28 %. Les habitations ont connu une expansion de 3,11 % de leur superficie suivie des plans d'eau (0,52 %) puis des champs et jachères (0,32 %). Aucune des formations végétales naturelles n'a connue d'expansion de sa superficie.

A l'opposé des progressions, on note au niveau des savanes arborées et arbustives la plus forte régression de l'ordre de -8,6 %. Les zones marécageuses ont régressé de -1,88 %. Cependant, la plus forte régression des formations anthropiques, est enregistrée au niveau des cultures et jachères sous palmier (-1,45 %).

3.2.2 Matrice de transition entre 2010 et 2020

La matrice des changements générée par le croisement des cartes d'occupation du sol de 2010 et 2020 du secteur d'étude montre les différents changements opérés au niveau de chaque catégorie d'occupation du sol (tableau IV).

Tableau IV : Matrice de transition entre 2010 et 2020

UOT 2010	UOT 2020											Sup (Ha) 2010	
	FG	FD	FCSB	SASa	MGR	Mar	CJ	CJP	PE	SED	PLT	Ha	
FG	10,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	12,00	0,00	0,00	0,00	0,00	27,58
FD	0,00	35,61	2,00	5,00	0,00	0,00	12,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	55,61
FCSB	0,00	0,00	118,84	7,00	0,00	0,00	18,00	3,00	0,00	0,00	0,00	1,00	147,84
SASa	0,00	0,00	0,00	21097,50	0,00	0,00	7527,00	3821,00	0,00	0,00	0,00	513,69	32959,20
MGR	1,00	0,00	0,00	0,00	200,62	5,00	0,00	0,00	0,57	0,00	0,00	0,00	207,19
Mar	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7018,17	509,89	1723,00	0,00	0,00	0,00	421,89	9676,96
PLT	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	72,00	43647,76	7276,47	0,00	0,00	4107,00	876,00	55979,23
CJ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3915,54	10555,14	128,00	732,00	5172,87	2431,58	22935,13
CJP	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	3731,37	0,00	2114,00	0,00	5845,44
PE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	530,28	0,00	25,00	555,28
SED	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,45	0,00	24,45
Ha	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,65	0,00	0,00	0,00	9031,24	9031,89
Sup (Ha) 2020	15,58	35,61	120,84	21109,50	200,62	7095,17	55635,26	23392,25	3859,94	1262,28	11418,33	13300,41	137445,79

Il ressort de l'analyse du tableau IV que toutes les unités ont connue des transitions. Le bilan des changements par unité d'occupation du sol entre les deux dates indique que les forêts galeries ont perdu 17 ha au profit des champs et jachères (5 ha) et des champs et jachères sous palmier (12 ha). Par contre, les forêts denses ont connu environ 20 ha de perte au profit des forêts claires et savanes boisées (2 ha), des savanes arborées et arbustives (5 ha), des champs et jachères (12 ha) et des champs et jachères sous palmiers (1 ha). Quant aux forêts claires et savanes boisées, la perte est évalué à (29 ha) avec (07 ha) des savanes arborée et arbustive, (18 ha) des champs et jachères, (3 ha) des champs et jachères sous palmier et (1 ha) des habitations. Les savanes arborées et arbustives ont enregistrées des pertes de (11 861 ha) avec (7527 ha) cédé aux champs et jachères, (3821 ha) aux champs et jachères sous palmier et (513,69 ha) aux habitations. Les mangroves ont régressées de (5, 57 ha) avec (5 ha) cédé aux savanes marécageuses et (0, 57 ha) aux plans d'eau. Les savanes marécageuses quant à elles, ont connu une régression de (2 654, 78 ha) avec (509,89 ha) transformé en champs et jachères, (1723 ha) en champs et jachères sous palmier et (421,89 ha) en habitation. Au niveau des champs et jachères, on note une perte de (8 464,45 ha) avec (128 ha) au profit des plans d'eau, (732 ha) des sols érodés dénudés, (5 172, 87 ha) des plantations et (2 431,58 ha) des habitations. Les champs et jachères sous palmier ont connu une transformation de (2114 ha) en plantation.

Des gains sont enregistrés contrairement aux pertes entre 2010 et 2020. Les superficies des catégories d'occupation du sol ont évolué. Elles ont régressé pour certaines et augmenté pour d'autres (tableau). Ceci traduit la dynamique qu'a connue ce milieu entre ces deux dates.

Tableau V : Evolution des superficies en ha entre 2010 et 2020

UOT	Sup (Ha) 2010	Sup (Ha) 2020	Taux d'évolution (%)	Taux moyen annuel d'expansion (%)
FG	27,58	15,58	-77,02	-7,70
FD	55,61	35,61	-56,16	-5,60
FCSB	147,84	120,84	-22,34	-2,20
SAA	32959,20	21109,50	-56,13	-5,60
Mgr	207,19	200,62	-3,27	-0,30
Mar	9676,96	7095,17	-36,38	-3,60

PLT	55979,23	55635,26	-0,61	-0,60
CJ	22935,13	23382,25	1,91	0,10
CJP	5845,44	3859,94	-51,43	-5,10
PE	555,28	1262,28	56,01	5,60
SED	24,45	11418,33	99,78	9,90
Ha	9031,89	13300,41	32,09	3,20
	137445,79	137435,79		

Légende :

(FG) Forêt Galerie, (FD) Forêt Dense, (FCSB) forêt classée savane boisée, (SAA) savane arborée arbustive, (Mgr) mangrove, (Mar) marécageuse, (PLT) Plantations, (CJP) cultures en jachère sous palmier, (CJ) cultures en jachère, (PE) plans d'eau, (SDE) sols dénudés érodés et (Ha) habitations

De l'analyse du tableau V il ressort que les superficies des cultures en jachère (1,91 %), les plans d'eau (56,01 %), les sols dénudés érodés (99,78 %) et les habitations (32,09 %) ont connu une augmentation avec un taux moyen annuel d'expansion respectivement de (0,1 %), (5,6 %), (9,9 %) et (3,2 %).

Quant aux forêt galerie, forêt dense, forêt classée savane boisée, savane arborée arbustive, mangrove, marécageuse et les cultures en jachère sous palmier avec respectivement un taux d'évolution de -77,02 %, -56,16, -22,34, -56,13, -3,27, -36,38, et -56,01 ont vu leurs superficies régressées. La superficie des plantations dans le bassin versant de la rivière des cinq bras et sur une période de dix ans est restée relativement stable.

Les différents changements de catégories d'occupation de sol observés entre 2010 et 2020 ont été cartographiés (figure 12).

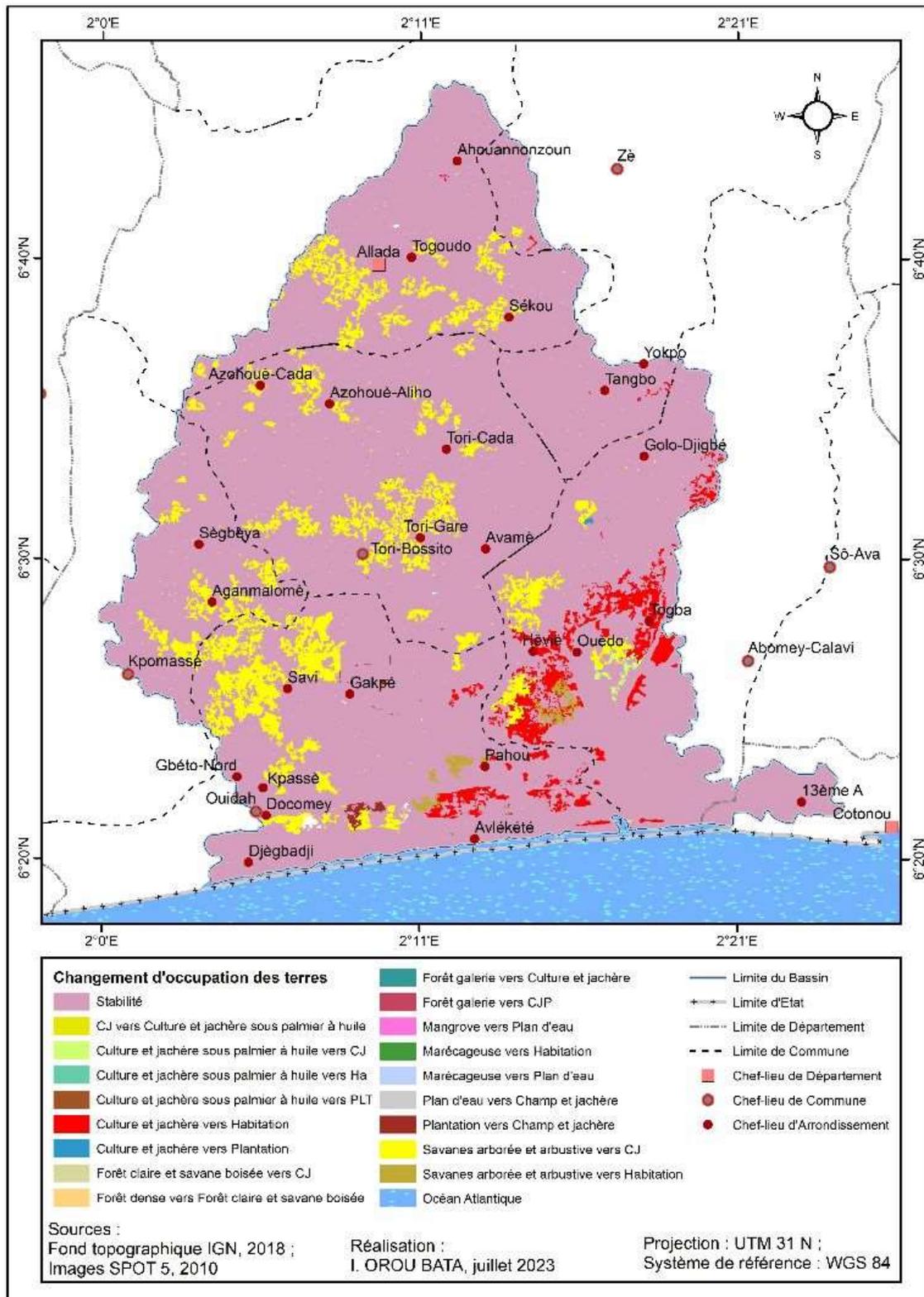


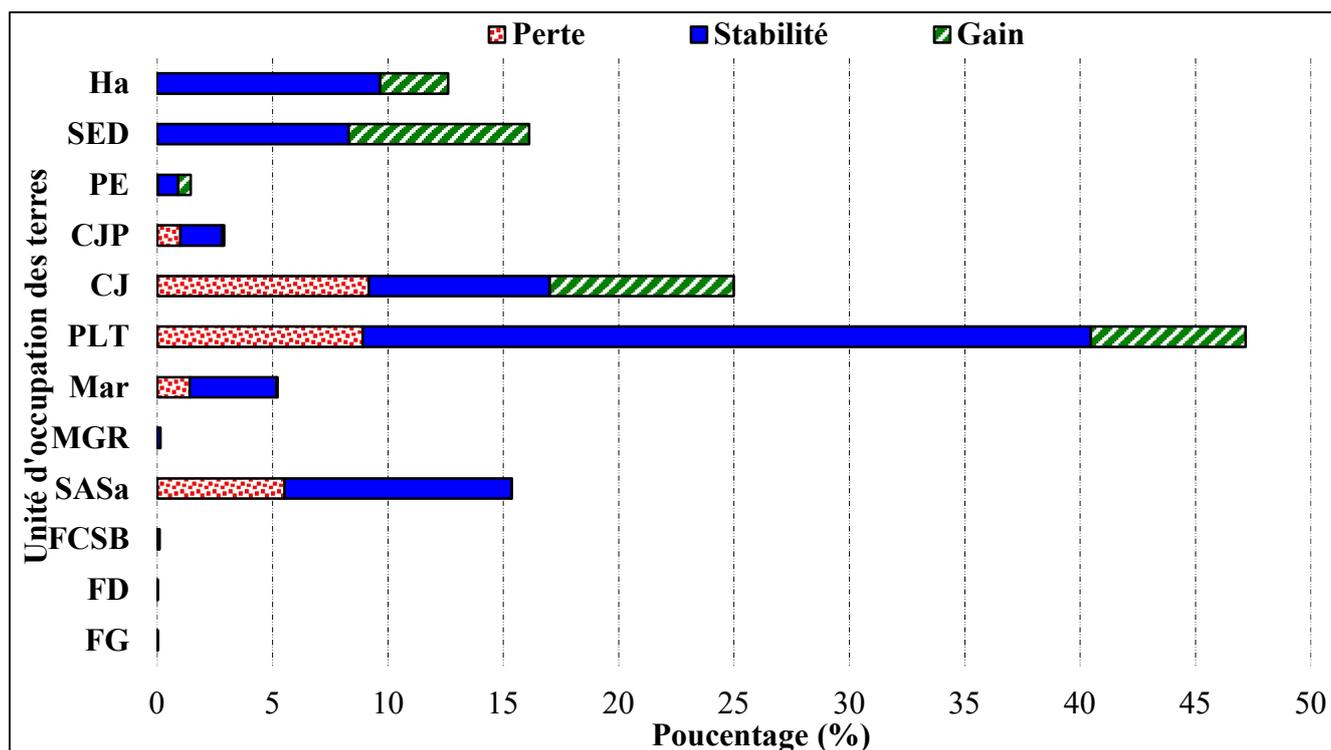
Figure 4 : Carte de changement de l'occupation de sol entre 2010 et 2020

La figure 12 présente les différents changements d'état observés entre 2010 et 2020. Elle montre dix-neuf (19) grands types de transition (changements de catégories) majeurs.

Parmi les unités d'occupation qui ont vu leur superficie régressée, figure les mangroves, les zones marécageuses et les cultures en jachère sous palmier qui constituent les espaces maraichers dans le bassin versant de la rivière des cinq bras. Les espaces destinés et propices pour les cultures maraichères régressent de jour en jour et laissent place aux habitations et plantations.

3.3. Intensités et vitesses des changements à l'intérieur de chaque unité d'occupation des terres entre 2010 et 2020

La figure 5 présente l'intensité des changements intervenus par catégorie d'occupation des terres entre 2010 et 2020.



Légende : (FG) Forêt Galerie, (FD) Forêt Dense, (FCSB) forêt classée savane boisée, (SAA) savane arborée arbustive, (Mgr) mangrove, (Mar) marécageuse, (PLT) Plantations, (CJP) cultures en jachère sous palmier, (CJ) cultures en jachère, (PE) plans d'eau, (SDE) sols dénudés érodés et (Ha) habitations.

Figure 5 : Intensité des changements opérés par catégorie d'occupation des terres entre 2010 et 2020

L'analyse de cette figure d'intensité des changements (figure 5) montre qu'en 10 ans les changements entre les catégories d'occupation des terres se sont opérés dans le secteur d'étude de façon différentielle sur le plan spatial. Trois classes de changements ont été observées entre les catégories d'occupation des terres. Il s'agit des classes de stabilité et gain, de perte, stabilité et gain et de perte et stabilité.

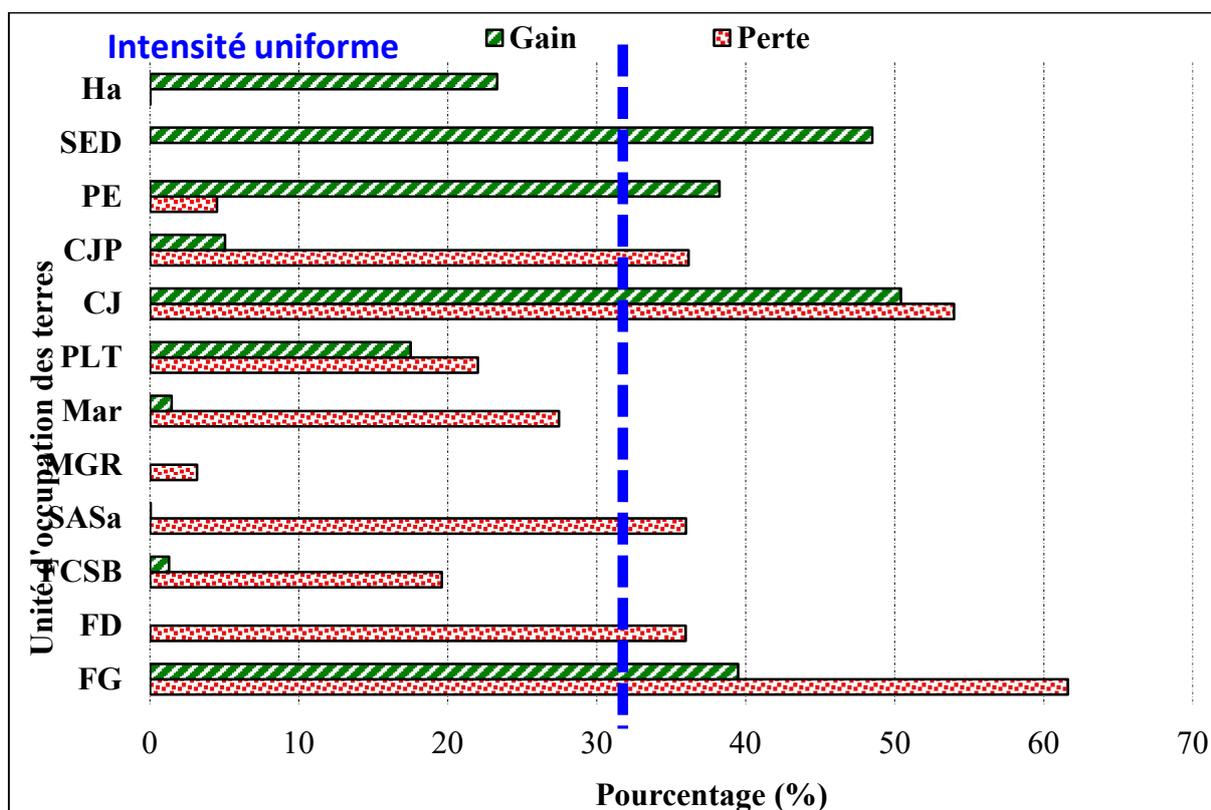
Dans la classe de stabilité et gain, on observe les catégories d'occupation comme les Habitations, les sols dénudés et les plans d'eau. Elles n'ont pas connu de perte et occupent respectivement 13 %, 16 % et 2 % du secteur d'étude. Les changements ont été plus significatifs au niveau des sols dénudés avec 8 % de gain et 8 % de stabilité.

Dans les catégories d'occupation des terres comme les cultures en jachère et les plantations, les pertes, les stabilités et les gains ont été observés et occupent chacune respectivement des proportions 25 % et 48 % du secteur d'étude. Les deux catégories d'occupation

ont connu les mêmes proportions de perte (9 %) et 8 % de gain et de stabilité pour les cultures en jachères. Les plantations elles autres ont connu 7 % de gain et 32 % de stabilité.

La dernière classe de changement observée concerne les pertes et les stabilités. Les catégories d'occupation notées à ce niveau sont les cultures en jachère sous palmier, les savanes arborées arbustives et les zones marécageuses. Elles occupent respectivement 3 %, 16 % et 5 % de la proportion totale du secteur d'étude. Les pertes observées au niveau des cultures en jachère sous palmier et les marécages sont de 1 % avec 4 % de stabilité pour les zones marécageuses et 2 % pour les cultures en jachère sous palmier. Les savanes arborées et arbustives qui ont connues de profond changement au niveau de cette classe ont perdu 6 % de leur proportion et sont restées stable à 10 %.

La figure 6 présente les intensités et les vitesses des changements à l'intérieur de chaque catégorie d'occupation des terres entre 2010 et 2020.



Légende : (FG) Forêt Galerie, (FD) Forêt Dense, (FCSB) (5 %), (SAA) savane arborée arbustive, (Mgr) mangrove, (Mar) marécageuse, (PLT) Plantations, (CJP) cultures en jachère sous palmier, (CJ) cultures en jachère, (PE) plans d'eau, (SDE) sols dénudés érodés et (Ha) habitations.

Figure 6 : Intensité et vitesses des changements par catégorie d'occupation des terres entre 2010 et 2020

L'examen de la figure 6 montre que les catégories d'occupation des terres ont connu de gain et de perte par rapport à la superficie du secteur d'étude. La ligne verticale bleue de valeur 61 % est la limite où les changements resteront uniformes si les perturbations s'arrêtaient dans le secteur d'étude. A gauche de cette ligne, les changements sont dits dormants ou lents. Tandis qu'à sa droite, les changements sont qualifiés d'actifs ou rapides. Ceci étant, les gains obtenus au niveau des habitations (23 %), des cultures en jachère sous palmier (5 %), les plantations (18 %), les marécages (1 %) et les forêts claires savane boisées (1 %) sont lents tandis qu'au niveau des sols dénudés, les plans d'eau, les cultures en jachère et les forêts galeries, les gains sont tous rapides avec respectivement 49 %, 38 %, 50 % et 39 %.

En ce qui concerne les pertes, elles sont rapides au niveau des cultures en jachère sous palmier (36 %), des cultures en jachère (54 %), des savanes arborées arbustives et les Forêt Dense (36 %) et les forêts galeries (39 %). Les pertes lentes sont observées au niveau des plans d'eau (5 %), les plantations (22 %), les zones marécageuses (27 %), les mangroves (3 %) et les forêts claires savanes arborées (20 %).

IV. Discussion

Les analyses précédentes ont montré que les espaces destinés et propices pour les cultures maraichères régressent de jour en jour et laissent place aux habitations, sols dénudés et plantations dans le bassin versant de la rivière des cinq bras. Ils mettent aussi en relief l'actualité du processus d'anthropisation des environnements urbains dans les grandes métropoles d'Afrique. Khalifa DIOP et al ont montré en 2018 la baisse des superficies cultivables au profit de l'urbain à Pikine s'inscrit ainsi dans la dynamique d'étalement de la région de Dakar. L'analyse cartographique, grâce à la matrice de transition, a permis de mettre en évidence les différentes formes de conversion qu'ont subies les unités d'occupation des terres dans le bassin versant de la rivière des cinq bras entre 2010 et 2020. Il s'agit de la régression des formations végétales naturelles au profit des formations anthropiques. Les superficies des zones marécageuses et savanes arborées et arbustives ont été converties en sols dénudés et habitations. Les pressions anthropiques sur les ressources naturelles à travers ces activités, ont favorisé la transformation des formations naturelles. Les travaux de DRAMANE I. et al confirment cette tendance du bassin de la rivière des cinq bras lorsqu'il montre en 2018 que les pressions anthropiques sur les ressources naturelles à travers ces activités, ont favorisé la transformation des formations naturelles.

V. Conclusion

L'analyse de l'état d'occupation du sol a montré une modification marquée des unités paysagiques entre 2010 et 2020 avec une régression des savanes arborées et arbustives la plus forte régression de l'ordre de -8,6 %. Les zones marécageuses ont régressé de -1,88 %. Cependant, la plus forte régression des formations anthropiques, est enregistrée au niveau des cultures et jachères sous palmier (-1,45 %). Les superficies des cultures en jachère (1,91 %), les plans d'eau (56,01 %), les sols dénudés érodés (99,78 %) et les habitations (32,09 %) ont connu une augmentation avec un taux moyen annuel d'expansion respectivement de (0,1 %), (5,6 %), (9,9 %) et (3,2 %). Parmi les unités d'occupation qui ont vu leur superficie régressée, figure les mangroves, les zones marécageuses et les cultures en jachère sous palmier qui constituent les espaces maraichers dans le bassin versant de la rivière des cinq bras. Les espaces destinés et propices pour les cultures maraichères régressent de jour en jour et laissent place aux habitations et plantations.

Références

- [1]. Adjonou K., Djiwa O., Kombate Y., Kokutse A. D. & Kokou K. 2010 : Etude de la dynamique spatiale et structure des forêts denses sèches reliques du Togo: implications pour une gestion durable des aires protégées, *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 4 (1) : 168-183, February 2010.
- [2]. Akindélé G. S., 2000. Aménagement durable de la forêt classée de l'Alibori supérieur : structure, dynamique des principaux groupements végétaux et périodicité d'exploitation. Thèse d'Ingénieur Agronome. FSA, UNB. Rep. du Bénin, 157 p.
- [3]. Aldwaik S. Z. and Pontius Jr. R. G., 2012 : Intensity analysis to unify measurements of size and stationarity of land changes by interval, category, and transition. *Landscape and Urban Planning*, 106 : 103-114.
- [4]. Arouna O. & Djogbéno C. P., 2006 : Evaluation du Plan d'Aménagement Participatif des Forêts Classées de Goun-goun, de la Sota et de la rôneraie de Goroubi au Bénin : critères et indicateurs pertinents de réussite, 29 p.
- [5]. Arouna O., 2012 : Cartographie et modélisation prédictive des changements spatio-temporels de la végétation dans la Commune de Djidja au Bénin : implications pour l'aménagement du territoire. Thèse de Doctorat Unique, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 246 p.
- [6]. Arouna O., Eténé C. G. & Issiako D., 2016 : Dynamique de l'occupation des terres et état de la flore et de la végétation dans le bassin supérieur de l'Alibori au Bénin. *Journal of Applied Biosciences* 108: 10531-10542.

- [7]. Arouna O., Toko I. Djogbéno C. P. & Sinsin B., 2010 : Impact de la dynamique spatiotemporelle de l'occupation du sol sur la végétation en zone soudano-guinéenne au Bénin. *Rev. Sc. Env. Uni. Lomé* (Togo), 6 : 161-186.
- [8]. Bamba, I., Mama, A., Neuba, D.F.R., Koffi, K.J., Traore, D., Visser, M., Sinsin, B., Lejoly, J. & Bogaert, J., 2008 : Influence des actions anthropiques sur la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans la province du Congo central (R. D. Congo). *Sciences & Nature*, 5 : 49-60.
- [9]. Chauveau J. P. & Colin J. P., 2014 : La question foncière à l'épreuve de la reconstruction en Côte d'Ivoire promouvoir la propriété privée ou stabiliser la reconnaissance sociale des droits ? *Les cahiers pôles fonciers* N°6, Montpellier (<http://www.pole-foncier.fr>)
- [10]. Conedera et al., 2010 : Reconstitution des écosystèmes dégradés sahéliens.
- [11]. FAOSTAT, <http://faostat.fao.org>.
- [12]. Issa M. S., 2010 : Changements climatiques et agrosystèmes dans le moyen Bénin : Impacts et stratégies d'adaptation. Thèse de doctorat unique de géographie, UAC/FLASH/EDP, 278 p.
- [13]. Issiako D., 2015 : Dynamique de l'occupation du sol dans le bassin supérieur de la rivière Alibori (secteur Banikoara-Gogounou). Mémoire de maîtrise, DGAT/FLASH/UAC, Bénin, 95 p.
- [14]. Laouina, Rose, 2010: Gestion durable des eaux et des sols au Maroc: Valorisation des techniques traditionnelles méditerranéennes.
- [15]. Mama A., Sinsin B., De Cannière C. & Bogart J., 2013 : Anthropisation et dynamique des paysages en zone soudanienne au nord du Bénin. *Tropicultura*, 31 (1) : 78-88
- [16]. Oloukoï J., Mama V. J. & Agbo F. B., 2006 : Modélisation de la dynamique de l'occupation des terres dans le Département des Collines au Bénin. *Télétection* 6 (4) : 305-323.
- [17]. Pagez P., 1995 : Eléments de la gestion forestière, forêt méditerranéenne t. XVI, n° 3, juillet 1995, pp. 205-208
- [18]. Rodriguez A, et al., 2015 : Établissement d'une souche de levure pour la production d'acide p-coumarique par ingénierie métabolique de la biosynthèse des acides aminés aromatiques. *Metab Eng* 31:181-8
- [19]. Sounon Bouko B., Sinsin B. & Bio Goura B., 2007 : Effets de la dynamique d'occupation du sol sur la structure et la diversité floristique des forêts claires et savanes au Bénin. *Tropicultura*, 25 (4) : 221-227.
- [20]. Toko Imorou I., Arouna O. & Sinsin B., 2010 : Cartographie des changements spatio-temporels de l'occupation du sol de la Forêt Classée de l'Alibori supérieur au nord-Bénin, *Revue de Géographie du Bénin*, Université d'Abomey-Calavi (Bénin) N°7, Juin 2010, pp. 22-39
- [21]. Toko Issiaka N., Arouna O. & Toko Imorou I., 2016 : Cartographie de la dynamique spatio-temporelle des parcours naturels des troupeaux transhumants dans les communes de Banikoara et de Karimama au Bénin (Afrique de l'ouest). *European Scientific Journal* November 2016 edition vol.12, No.32 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431.
- [22]. Toko Mouhamadou I., 2014 : Facteurs déterminants de la fragmentation des écosystèmes forestiers : cas des îlots de forêts denses sèches de la Forêt Classée des Monts Kouffé et de sa périphérie au Bénin. Thèse de Doctorat Unique, Université d'Abomey-Calavi, 202 p.