

Dynamique de l'Occupation du Sol dans le Bassin Supérieur de l'Okpara et Tendances Evolutives à l'Horizon 2060 au Nord-Bénin

Guy Aymard BASSE¹ ; Josias ADEGNANDJOU¹ ; Dramane ISSIAKO² ; Abdoul Ramane ABDOULAYE³ & Moussa GIBIGAYE^{1&4}

¹Laboratoire de Géographie Rurale et d'Expertise Agricole (LaGREa)

²Laboratoire de Cartographie (LaCarto)

³Département de Géographie et de l'Aménagement du Territoire (DGAT/ FLASH/ UP)

⁴Département de Géographie et de l'Aménagement du Territoire (DGAT/FASHS/UAC)



Résumé – Le bassin supérieur de l'Okpara subit une forte pression anthropique. Ce qui est à la base de la dégradation de ses ressources naturelles. L'objectif de cette recherche est de déterminer l'évolution des différentes unités d'occupation du sol de 2000 à 2020.

Les techniques de la télédétection satellitaire notamment l'interprétation et la classification des images SPOT4 et 5 de 2000, 2010 et 2020 avec les outils de simulation (Land Change Modeler d'IDRISI Selva) ont permis d'analyser les changements intervenus et de faire des projections à l'horizon 2060.

Les données satellitaires et cartes d'occupation du sol (2000, 2010, 2020 et 2060) montrent que les formations naturelles régressent au profit des formations anthropiques. Les formations anthropiques sont passées de 59534 ha en 2000 à 401662 ha en 2020 soit une progression de 342128 ha tandis que les formations naturelles sont passées de 474129 ha en 2000 à 131981 ha en 2020 soit une régression de 342148 ha. A l'horizon 2060, la physionomie du bassin sera dominée par les mosaïques de champs et jachères suivies des plantations. Le devenir du bassin supérieur de l'Okpara reste donc une grande préoccupation si la tendance actuelle est maintenue.

Les acteurs agricoles doivent être sensibilisés et encouragés dans les plantations. Aussi, faudra-t-il un bon plan d'aménagement pour une utilisation rationnelle et durable des ressources forestières de ce bassin.

Mots Clés – Dynamique, occupation du sol, tendance évolutive, bassin supérieur de l'Okpara, Nord-Bénin

Abstract – The upper Okpara basin is under strong anthropogenic pressure. Which is the basis of the degradation of its natural resources. The objective of this research is to determine the evolution of the different land use units from 2000 to 2020.

Satellite remote sensing techniques, in particular the interpretation and classification of SPOT4 and 5 images from 2000, 2010 and 2020 with simulation tools (Land Change Modeler from IDRISI Selva) have made it possible to analyze the changes that have occurred and to make projections at the horizon 2060.

Satellite data and land use maps (2000, 2010, 2020 and 2060) show that natural formations are regressing in favor of anthropogenic formations. Anthropogenic formations fell from 59,534 ha in 2000 to 401,662 ha in 2020, i.e. an increase of 342,128 ha while natural formations fell from 474,129 ha in 2000 to 131,981 ha in 2020, i.e. a decline of 342,148 ha. By 2060, the physiognomy of the basin will be dominated by mosaics of fields and fallows followed by plantations. The fate of the upper Okpara basin therefore remains of great concern if the current trend is maintained.

Agricultural stakeholders must be sensitized and encouraged in the plantations. Also, a good management plan is needed for a rational and sustainable use of the forest resources of this basin.

Keywords – Dynamics, land use, evolutionary trend, upper Okpara basin, North Benin.

INTRODUCTION

En Afrique de l'Ouest, depuis quelques années, le couvert végétal enregistre continuellement de fortes perturbations observées surtout au sein des massifs forestiers. Ces formations subissent une dégradation sans précédent, due à une forte pression anthropique qui se manifeste par des prélèvements à des fins agricoles, de carbonisation et de bois de feu (I. Mouhamadou Toko, 2015, p. 13).

Au Bénin, les causes de la dégradation persistante des ressources naturelles sont presque exclusivement d'origine anthropique dont l'agriculture, l'élevage, l'exploitation forestière incontrôlée, le braconnage, les feux de végétation (K. R. Sambiéni *et al.*, 2015, p. 3). Selon A. M. Igué *et al.* (2010, p. 115), la dynamique de l'occupation du sol résulte de la forte demande des produits forestiers et agricoles affectant des processus socio-économiques et environnementaux variés.

La dégradation des ressources forestières, qui réduit ou détruit la capacité des sols en vue de leur productivité, constitue un des problèmes majeurs quant à l'avenir d'une planète de plus en plus anthropisée notamment dans les pays en développement par suite d'une pression démographique sans cesse croissante (A. H. Plagbeto *et al.*, 2018, p. 361). La dégradation du couvert végétal contribue largement aux changements globaux, car la végétation est un des éléments importants du système environnemental (O. Arouna, 2012, p. 8)

Dans le bassin de l'Okpara, les formations végétales subissent actuellement une forte pression par endroits du fait des activités humaines (prélèvement du bois d'œuvre par des exploitants forestiers, occupation des berges pour les activités agricoles, etc.). Ce qui constitue un risque de dégradation et de comblement de la rivière Okpara (R. Ogouwalé, 2013, p. 88). A cet effet, une recherche sur la dynamique des unités d'occupation du sol est nécessaire pour la préservation de ressources dudit bassin.

Le bassin versant supérieur de l'Okpara est situé entre 9°16' et 9°58' Nord d'une part et 2°35' et 3°04' Est d'autre part. Du point de vue administratif, il comprend les communes de N'Dali, Nikki, Parakou, Pèrèrè et Tchaourou avec une superficie de 533663 ha (figure 1).

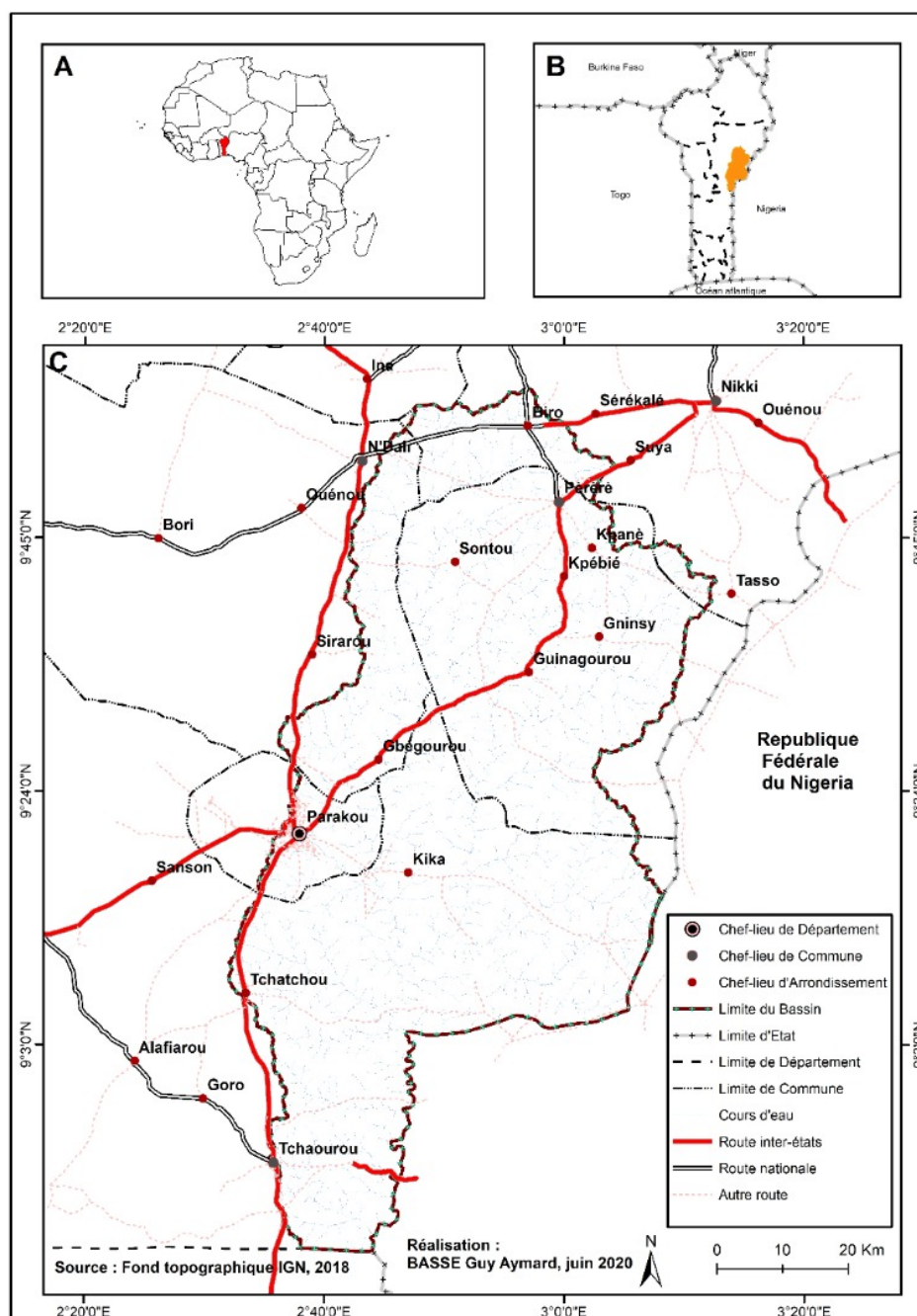


Figure 1 : Situation géographique du Bassin supérieur de l'Okpara

I. MATERIEL ET METHODES

Dans cette recherche, le matériel utilisé est composé de :

- carte topographique, au 1/200 000, fond topographique IGN-Bénin ;
- images satellitaires SPOT 4 et 5 de 2000, 2010 et 2020. Il s'agit des images ayant subi des corrections géométriques (géoréférencement, corrections des distorsions) ;
- logiciels ENVI 5.0 et Idrisi Selva 17.0 pour le traitement numérique des images satellitaires ;
- logiciel ArcGIS 10.1 pour les travaux de cartographie et des analyses SIG ;

- GPS (Global Positioning System) pour le contrôle-terrain ;
- tableur Excel pour le traitement des données statistiques.

1.1 Analyse statistique des changements d'état de la végétation

1.1.1 Taux moyen annuel d'exploitation spatiale (T)

Le taux moyen annuel d'exploitation spatiale exprime la proportion de chaque unité paysagère qui change annuellement. Il est calculé à partir de la formule tirée de Bernier (1992) et adoptée par J. Oloukoï *et al.* (2006) ; O. Arouna *et al.* (2009).

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

S₁ et S₂ : Superficie d'une unité paysagère à la date **t₁** et **t₂** respectivement ; **t₂ - t₁** : Nombre d'année d'évolution ; **ln** : Logarithme népérien ; **e** : Base des logarithmes népériens (**e = 2,71828**)

1.1.2 Matrice de transition

La matrice de transition permettra de mettre en évidence les différentes formes de conversion qu'ont subies les unités paysagères entre deux dates instantanées. Elle est constituée de *x* lignes et de *y* colonnes. Le nombre *x* de lignes de la matrice indique le nombre d'unités paysagères présentes à la date **t₁** tandis que le nombre *y* de colonnes de la matrice indique le nombre d'unités paysagères converties à la date **t₂**. Quant à la et diagonale, elle contient les superficies des unités paysagères restées inchangées. Dans cette matrice, les transformations se font des lignes vers les colonnes. Les superficies de ces différentes classes d'unités paysagères sont calculées à partir du croisement des cartes de deux dates à l'aide de la fonction « **intersect** » de la boîte à outils « **Arctoolbox** » du logiciel **ArcGis 10.0**.

1.1.3 Taux moyen annuel d'expansion spatiale

Le taux moyen annuel d'expansion spatiale exprime la proportion de chaque unité d'occupation du sol qui change annuellement. Ce taux **Ta** est calculé à partir de la formule suivante :

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

Avec **S₁** = surface d'une unité de végétation à la date **t₁**, **S₂** = surface d'une unité de végétation à la date **t₂** et **t** = nombre d'années entre **t₁** et **t₂**.

1.1.4 Taux de conversion

Le taux de conversion d'une classe d'unité paysagère correspond au degré de transformation subie par cette classe en se convertissant vers d'autres classes (O. Arouna, 2012, p. 37). C'est alors la quantité de changements observés au niveau d'une unité paysagère entre les dates **t₁** et **t₂**. Il a permis ainsi de mesurer le degré de conversion d'une unité donnée en d'autres unités paysagères. Il s'est obtenu à partir de la matrice de transition suivant la formule :

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

S_{it} : Superficie de l'unité paysagère *i* à la date initiale **t** ; **S_{is}** : Superficie de la même unité demeurée stable à la date **t₁**.

1.1.5 Taux de régression

Ce taux exprime la réduction d'une superficie par un type de formation donnée entre deux dates. Il est calculé à partir de la formule suivante :

$$TR = S_2 - S_1 / S_1 \times 100$$

Avec TR le taux de régression, **S₁** la superficie d'unité de végétation à la date **t₁**, **S₂** la superficie de même unité de végétation à la date **t₂**

1.1.6 Traitement des images satellitaires

Le traitement des images satellitaires est fait selon une méthodologie donnée (figure 2).

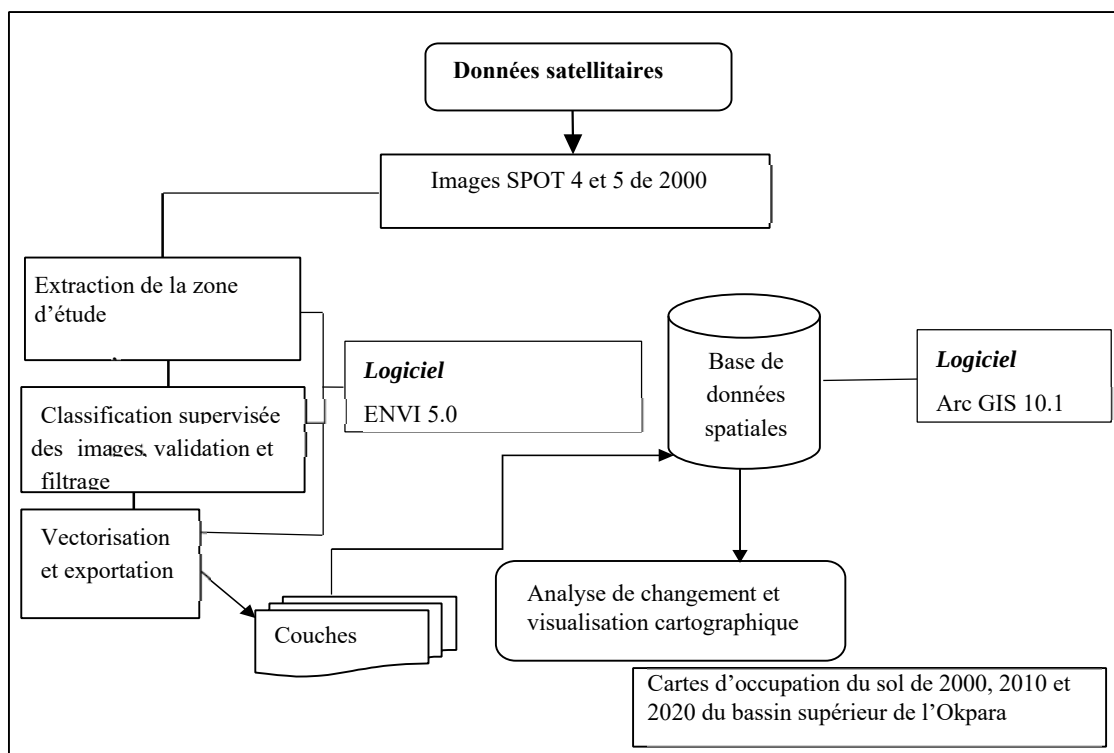


Figure 2 : Diagramme méthodologique des traitements des images satellitaires de 2000, 2010 et 2020

Source : Traitement des images satellitaires, juin 2020

Ce processus présenté par la figure 2 a permis d'aboutir à la réalisation des cartes d'occupation du sol de 2000, 2010 et 2020 du bassin supérieur de l'Okpara.

1.2 Modélisation de la dynamique des unités d'occupation du sol à l'horizon 2060

Le modèle prédictif travaille avec deux cartes d'occupation du sol, une carte actuelle et une carte antérieure. Dans ce cas de la présente recherche, il s'agit des cartes d'occupation du sol de 2010 et de 2020. Une étude comparative de ces deux dates ont permis de déterminer les transitions, quantifier les surfaces concernées par chaque type de transition et localiser ces changements. Les matrices de transition ainsi calculées seront utilisées pour calculer les changements potentiels futurs. Chaque type de transition peut être expliqué par des facteurs connus, quantifiables et cartographiables. Le modèle va ensuite combiner les différents facteurs en leur assignant des poids plus ou moins forts afin d'expliquer les transitions qu'il a détecté entre les deux cartes d'occupation du sol fournies au début. Ces cartes de probabilité correspondent aux transitions retenues.

Le nombre de carte de probabilité est en fonction du nombre de transition isolé. Ce sont alors les premières cartes fournies par le modèle. Ensuite, le modèle va produire une carte d'occupation du sol prospective pour une date **tn** en se basant sur les cartes de probabilité précédemment réalisées. La figure 3 montre le fonctionnement du modèle LCM.

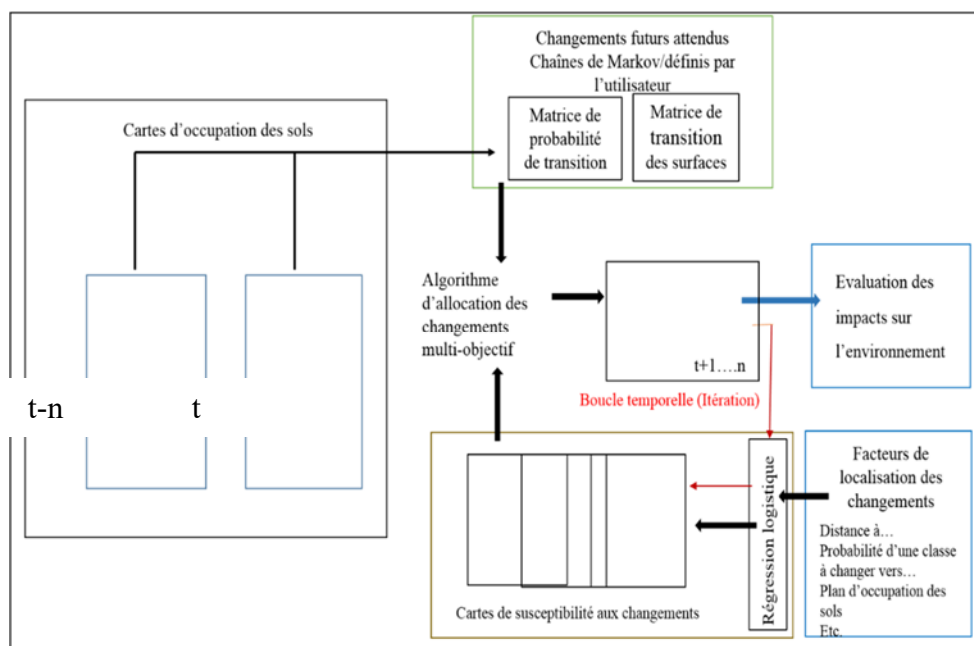


Figure 3 : Fonctionnement du modèle LCM

Source : Adaptée de P. D. Kombienou, 2016, p.82

II. RESULTATS

2.1 Dynamique des unités d'occupation du sol entre 2000, 2010 et 2020

L'évolution de l'occupation du sol de 2000, 2010 et 2020 est représentée suivant trois cartes faites sur la base des images SPOT 4 et 5 de 2000.

2.1.1 Dynamique des unités d'occupation du sol entre 2000 et 2010

Cette évolution des formations végétales est représentée par les figures 4 et 5 qui montrent la physionomie des différentes formations végétales en 2000 et en 2010.

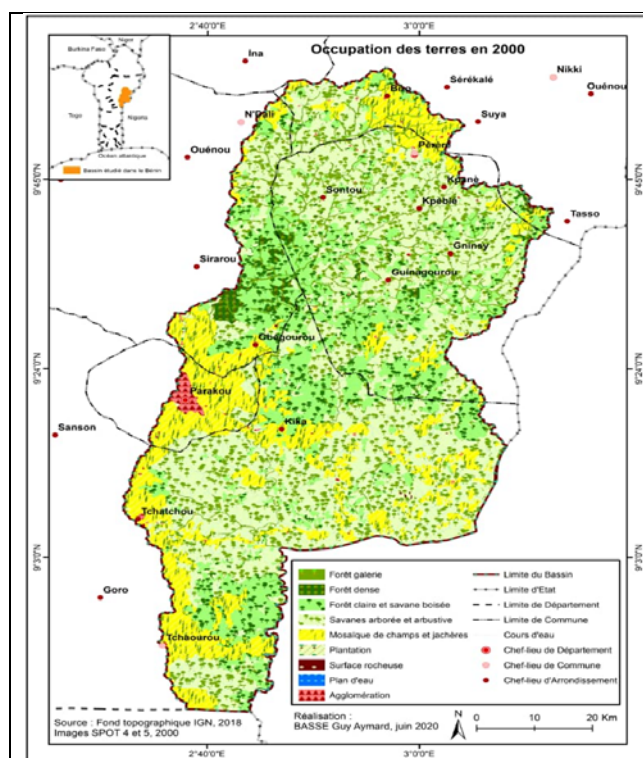


Figure 4 : Unités d'occupation de sol du bassin supérieur de l'Okpara en 2000

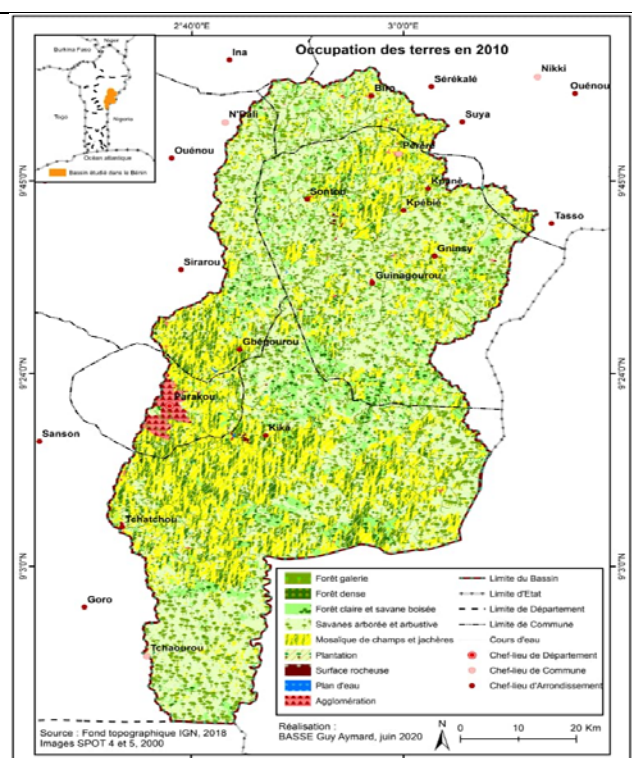


Figure 5 : Unités d'occupation de sol du bassin supérieur de l'Okpara en 2010

En 2000, la physionomie de la végétation du bassin supérieur de l'Okpara était largement dominée par les savanes arborées et arbustives (51,77%) suivies des forêts claires et les savanes boisées, qui représentaient près (29,44 %) de la superficie du bassin.

En 2010, les mosaïques de champs et jachères occupent une grande proportion (33,79%) du bassin derrière les savanes arborées et arbustives (47,51%).

2.1.1.1 Evolution des formations végétales et unités d'occupation de sol de 2000 à 2010

La dynamique des différentes unités d'occupation du sol de 2000 à 2010 est synthétisée par la matrice de transition (tableau I). Dans les cellules des lignes et des colonnes se trouvent respectivement les formations végétales et les autres unités d'occupation du sol de 2000 et de 2010. Les conversions se font des lignes vers les colonnes. Les cellules de la diagonale correspondent aux superficies des unités qui sont demeurées stables de 2000 à 2010. Les unités qui sont en dehors de la diagonale représentent les changements de végétation et d'autres unités d'occupation du sol.

Tableau I : Matrice de transition des unités d'occupation du sol de 2000 à 2010

	UOT 2010									
UOT 2000	FG	FD	FCSB	SASa	PL	MCJ	AG	PE	SR	Sup 2000
FG	26322	0	0	0	88	3151	0	58	9	29628
FD	0	2583	1283	4133	37	3051	0	0	10	11094
FCSB	0	0	54238	72387	1337	29036	71	24	18	157111
SASa	0	0	0	177011	2833	95670	510	41	189	276255
PL	0	0	0	0	239	282	43	0	0	565

MCJ	0	0	0	0	3449	49128	2802	81	80	55541
AG	0	0	0	0	0	0	3429	0	0	3430
PE	0	0	0	0	0	0	0	6	0	6
SR	0	0	0	0	0	0	0	0	34	35
Sup 2010	26322	2583	55521	253531	7984	180317	6856	209	340	533663

Source : Interprétation des images SPOT 4 et 5 de 2000

Légende : **FD** : Forêt dense, **FG** : Forêt Galerie, **FCSB** : Forêt Claire et Savane Boisée, **SASa** : Savane Arborée et arbustive, **MCJ** : Mosaïques de Culture et Jachère, **PL** : Plantation, **PE** : Plan d'eau, **SR** : Surface rocheuse, **AG** : Agglomération

26322 : Superficie restée stable entre 2000 et 2010

L'examen du tableau I permet de retenir que 9 classes d'occupation du sol ont été observées entre 2000 et 2010. Il faut noter que toutes les classes sont restées identiques entre ces deux années. L'analyse de l'évolution des formations végétales à partir de la matrice de transition permet de mieux cerner les différentes transformations subies par la végétation de 2000 à 2010.

2.1.1.2. Synthèse de la conversion de l'occupation du sol de 2000 à 2010

Toutes les unités naturelles d'occupation du sol ont régressé globalement en faveur des unités anthropiques de 2000 à 2010 (figure 6).

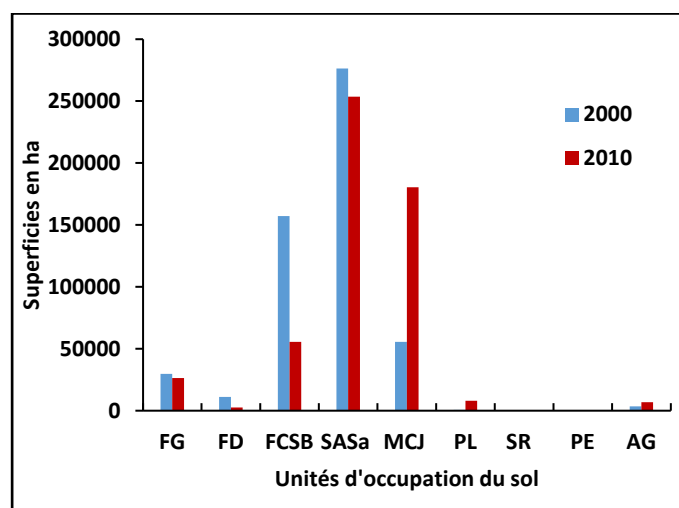


Figure 6 : Evolution des unités d'occupation du sol entre 2000 et 2020

Source : Résultats du traitement des données, juin 2020

Légende : **FD** : Forêt dense, **FG** : Forêt Galerie, **FCSB** : Forêt Claire et Savane Boisée, **SASa** : Savane Arborée et arbustive, **Plantation**, **MCJ** : Mosaïques de Culture et Jachère, **PL** : Plantation, **PE** : Plan d'eau, **SR** : Surface rocheuse, **AG** : Agglomération

De l'analyse de la figure 6, il ressort que la plupart des unités naturelles d'occupation du sol ont connu une diminution de leurs superficies entre 2000 et 2010 en dehors des champs et jachère. En effet, la régression des unités occupation du sol a concerné principalement les forêts denses, les forêts claires et savanes boisées, la savane arbustive et arborée et la galerie forestière. La progression concerne les mosaïques de culture et jachères, les agglomérations et les plantations. D'où les mosaïques de culture et jachères sont devenues les unités d'occupation du sol qui dominent la physionomie du bassin supérieur de l'Okpara.

Ce sont donc ces formations forestières qui sont prises d'assaut par les populations agricoles et les exploitants forestiers. Afin de maîtriser l'équilibre de la dynamique des unités d'occupation du sol, l'ordre évolutif (régression et progression) des unités d'occupation du sol de 2000 à 2010 a été présenté par le tableau II.

Tableau II : Synthèse des ordres de régression et de progression des unités d'occupation du sol entre 2000 et 2010

Ordres	Types de changements entre 2000 et 2010	Superficies (Ha)
Régression		
1	Forêt Dense s'est transformée en Forêt claire et Savane boisée	1283
	Forêt claire et Savane boisée s'est transformée en Savane arborée et arbustive	72387
	Savane arborée et arbustive s'est transformée en Plantation	2833
	Plantation s'est transformée en Mosaïque de Champs et jachère	282
	Mosaïque de Champs et jachère s'est transformée en Agglomération	2802
	Sous total 1	79587
2	Forêt Dense s'est transformée en Savane arborée et arbustive	4133
	Forêt claire et Savane boisée s'est transformée en Plantation	1337
	Savane arborée et arbustive s'est transformée en Mosaïque de Champs et jachère	95670
	Sous total 2	101140
3	Forêt claire et Savane boisée s'est transformée en Champs et jachère	29036
	Savane arborée et arbustive s'est transformée en Agglomération	510
	Sous total 3	29546
Total de régression		210273
Progression		
1	Champs et jachère s'est transformée en Plantation	3449
	Sous total 1	3449
Total de progression		3449

Source : Interprétation des images SPOT 4 et 5 de 2000

L'analyse du tableau II montre qu'entre 2000-2010, la superficie des ordres de régression des différentes unités d'occupation du sol est de 216664 ha, subdivisée en 3 ordres :

Entre 2000 et 2010, un seul ordre de progression a été enregistré (3449 ha). Cette progression concerne les mosaïques de champs et jachère qui se sont transformées en plantations.

2.1.2 Dynamique des unités d'occupation du sol entre 2010 et 2020

Les figures 9 et 10 montrent les différents changements observés au niveau des unités d'occupation du sol entre 2010 et 2020.

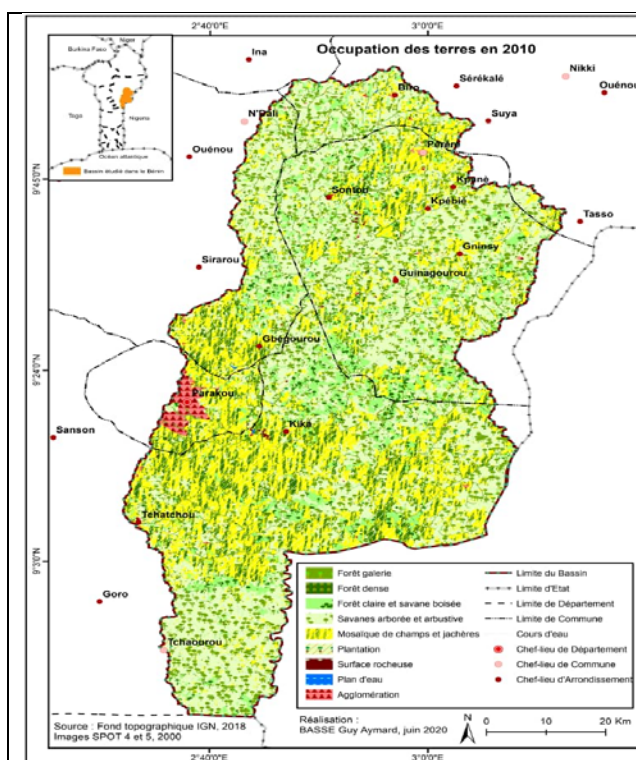


Figure 7 : Unités d'occupation de sol du bassin supérieur de l'Okpara en 2010

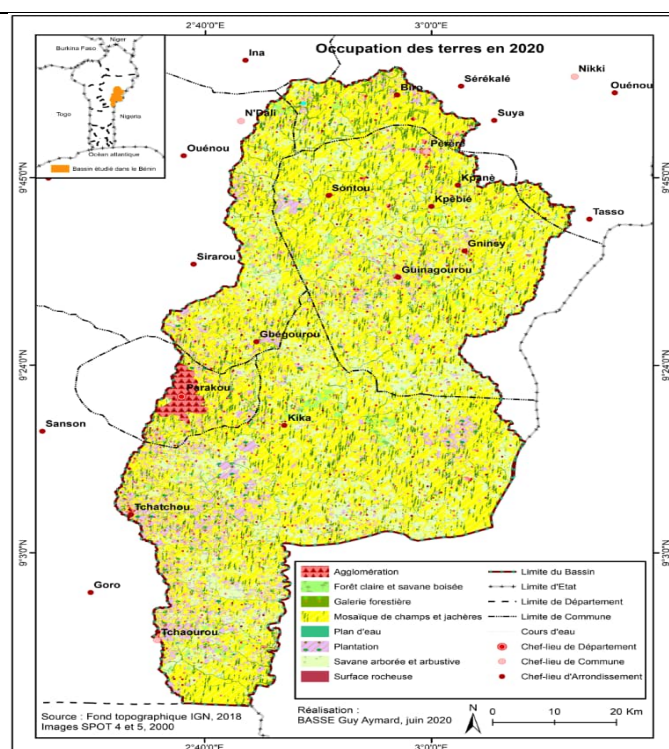


Figure 8 : Unités d'occupation de sol du bassin supérieur de l'Okpara en 2020

Entre 2010 et 2020, la physionomie de la végétation du bassin supérieur de l'Okpara est dominée par les mosaïques de champs et jachères (63,24 %) suivie des savanes arborées et arbustives (29,36 %). Les forêts claires, les savanes boisées ne représentent que de 18,87 % de la superficie. On y rencontre aussi les forêts denses, les forêts galeries, les plantations et les agglomérations mais de faibles proportions.

2.1.2.1 Evolution des formations végétales et unités d'occupation de sol de 2010 à 2020

La dynamique des différentes unités d'occupation du sol de 2010 à 2019 est synthétisée par la matrice de transition (tableau III). Dans les cellules des lignes et des colonnes se trouvent respectivement les formations végétales et les autres unités d'occupation du sol de 2010 et de 2020. Les conversions se font des lignes vers les colonnes. Les cellules de la diagonale correspondent aux superficies des unités qui sont demeurées stables de 2010 à 2020. Les unités qui sont en dehors de la diagonale représentent les changements de végétation et d'autres unités d'occupation du sol.

Tableau III : Matrice de transition des unités d'occupation du sol de 2010 à 2020

UOT 2010	UOT 2020									Sup 2010
	FG	FD	FCSB	SASA	PL	MCJ	AG	PE	SR	
FG	19097	0	0	0	388	6623	4	209	0	26322
FD	0	1189	666	328	130	263	5	1	0	2583
FCSB	0	0	22740	17692	3444	11590	25	7	22	55521
SASA	0	0	0	69229	21819	162134	166	33	150	253531
PL	0	0	0	0	7966	0	16	2	0	7984
MCJ	0	0	0	0	159421	20564	264	39	30	180317

AG	0	0	0	0	0	0	6856	0	0	6856
PE	0	0	0	0	0	0	0	209	0	209
SR	0	0	0	0	0	0	3	0	338	340
Sup 2020	19097	1189	23406	87249	193169	201174	7339	500	540	533663

Source : Interprétation des images SPOT 4 et 5 de 2000

Légende : **FD** : Forêt dense, **FG** : Forêt Galerie, **FCSB** : Forêt Claire et Savane Boisée, **SASa** : Savane Arborée et arbustive, **MCJ** : Mosaïques de Culture et Jachère, **PL** : Plantation, **PE** : Plan d'eau, **SR** : Surface rocheuse, **AG** : Agglomération

19097 : Superficie restée stable entre 2010 et 2020

L'examen du tableau III permet de retenir que 9 classes d'occupation du sol ont été observées entre 2010 et 2020. Il faut noter que toutes les classes sont restées identiques entre ces deux années. L'analyse de l'évolution des formations végétales à partir de la matrice de transition permet de mieux cerner les différentes transformations subies par la végétation de 2010 à 2020.

2.1.2.2 Synthèse de la conversion de l'occupation du sol de 2010 à 2020

De 2010 à 2020, toutes les unités naturelles d'occupation du sol ont aussi régressé globalement en faveur des unités anthropiques.

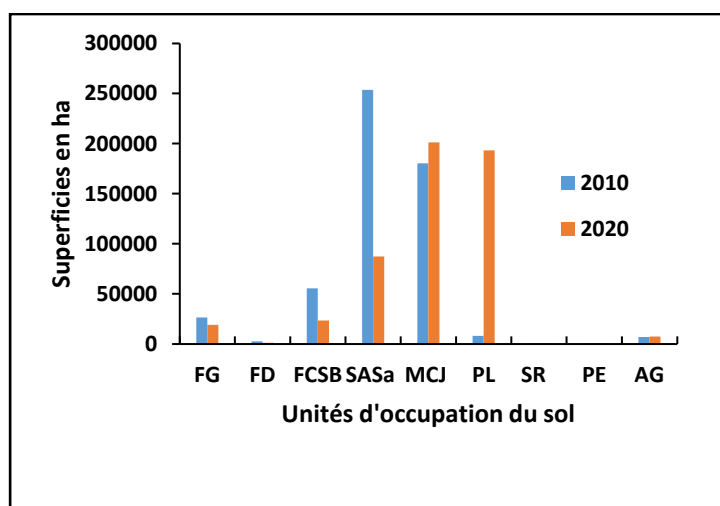


Figure 9 : Evolution des unités d'occupation du sol entre 2010 et 2020

Source : Résultats du traitement des données, juin 2020

Légende : **FD** : Forêt dense, **FG** : Forêt Galerie, **FCSB** : Forêt Claire et Savane Boisée, **SASa** : Savane Arborée et arbustive, **MCJ** : Mosaïques de Culture et Jachère, **PL** : Plantations, **PE** : Plan d'eau, **SR** : Surface rocheuse, **AG** : Agglomération

De l'examen de la figure 9, il ressort que les grandes unités naturelles d'occupation du sol ont connu une diminution de leurs superficies entre 2010 et 2020 en dehors des champs et jachère. En effet, la régression des unités occupation a concerné les forêts denses, les forêts claires et savanes boisées, les savanes arbustive et arborée et les galeries forestières. Les mosaïques de culture et jachères, les agglomérations et les plantations ont connus quant à eux une progression. Ainsi, les mosaïques de culture et jachères sont devenues les unités d'occupation du sol qui dominent la physionomie du bassin supérieur de l'Okpara suivies des plantations.

Les ordres évolutifs (régression et progression) des unités d'occupation du sol de 2010 à 2020 sont présentés par le tableau IV.

Tableau IV : Synthèse des ordres de régression et de progression des unités d'occupation du sol entre 2010 et 2020

Ordres	Types de changements entre 2010 et 2020	Superficies (Ha)
Régression		
1	Forêt Dense s'est transformée en Forêt claire et Savane boisée	666
	Forêt claire et Savane boisée s'est transformée en Savane arborée et arbustive	17692
	Savane arborée et arbustive s'est transformée en Plantation	21819
	Mosaïque de Champs et jachère s'est transformée en Agglomération	264
	Sous total 1	40441
2	Forêt Dense s'est transformée en Savane arborée et arbustive	328
	Forêt claire et Savane boisée s'est transformée en Plantation	3444
	Savane arborée et arbustive s'est transformée en Mosaïque de Champs et jachère	162134
	Sous total 2	165906
	Forêt claire et Savane boisée s'est transformée en Mosaïque de Champs et jachère	11590
	Sous total 3	11590
Total de régression		217937
Progression		
1	Mosaïque de Champs et jachère s'est transformée en Plantation	159421
	Sous total 1	159421
Total de progression		159421

Source : Interprétation des images SPOT 4 et 5 de 2000

L'analyse du tableau IV montre qu'entre 2010-2020, la superficie des ordres de régression des différentes unités d'occupation du sol est de 217937 ha qui se subdivise en 3 ordres et un seul ordre de progression a été enregistré (159421 ha). Cette progression concerne les mosaïques de champs et jachère qui se sont transformées en plantations.

2.2 Modélisation prédictive de l'évolution des unités d'occupation du sol à l'horizon 2060

La prédiction a été faite sur une période de 40 ans soit à l'horizon 2060 en considérant que les pratiques actuelles de l'exploitation des ressources naturelles seront toujours maintenues. Les probabilités de transition établies, déduites des cartes d'occupation du sol de 2000 et de 2020 constituent les bases de cette prédiction (les inputs du modèle). La carte d'occupation du sol de 2060 présente l'évolution probable des différentes unités d'occupation en tenant compte des facteurs de changement.

Les probabilités de transition déduites à partir des cartes d'occupation du sol de 2000 et de 2020 ont permis d'obtenir l'état probable de l'occupation du sol à l'horizon 2060 (figure 10).

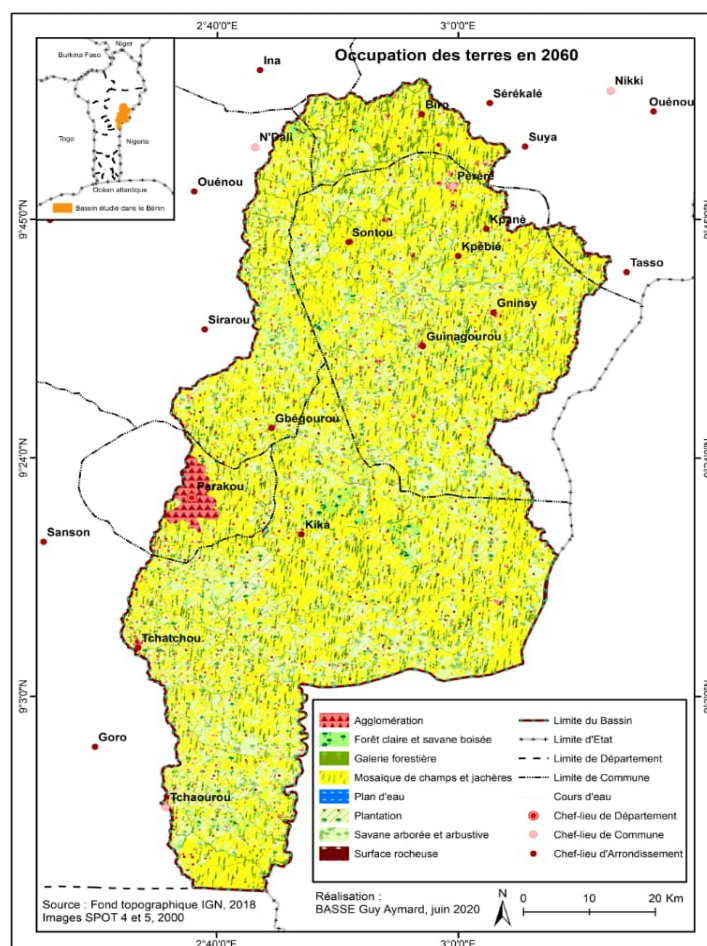


Figure 10 : Tendance prédictive des unités d'occupation du sol à l'horizon 2060

L'examen de la figure 10 montre qu'à l'horizon 2060, le bassin supérieur de l'Okpara serait dominé par les champs et des jachères suivis des plantations et des savanes arborée et arbustive. La galerie forestière occuperait une petite partie du cours d'eau de l'Okpara et ses affluents. Le tableau V présente la matrice de transition des unités d'occupation du sol de 2020 à 2060.

Tableau V : Matrice de transition des unités d'occupation du sol de 2020 à 2060

UOT 2020	UOT 2060									Sup 2020
	FG	FD	FCSB	SASa	PL	MCJ	AG	PE	SR	
FG	9298	0	0	0	22	9661	34	51	32	19097
FD	0	0	0	0	9	1003	176	0	0	1189
FCSB	0	0	3517	17276	1936	20	657	0	0	23406
SASa	0	0	0	64983	4636	15606	2013	11	0	87249
PL	0	0	0	183	191699	174	1112	1	0	193169
MCJ	0	0	0	181	1708	191847	7388	50	652	201174
AG	0	0	0	0	0	0	7339	0	0	7339
PE	0	0	0	0	0	0	54	447	0	501
SR	0	0	0	0	0	0	427	0	112	540
Sup 2060	9298	0	3517	82623	200010	217659	19199	560	796	533663

Source : Interprétation des images SPOT 4 et 5 de 2000

Légende : **FD** : Forêt dense, **FG** : Forêt Galerie, **FCSB** : Forêt Claire et Savane Boisée, **SASa** : Savane Arborée et arbustive, **MCJ** : Mosaïques de Culture et Jachère, **PL** : Plantation, **PE** : Plan d'eau, **SR** : Surface rocheuse, **AG** : Agglomération

9298 : Superficie restée stable entre 2010 et 2020

Par ailleurs, trois ordres de régression et un ordre de progression ont été identifiés dans les changements d'occupation du sol entre 2020 et 2060. Le tableau VI présente la synthèse de ces changements entre 2020 et 2060.

Tableau VI : Synthèse des ordres de régression et de progression des unités d'occupation du sol entre 2020 et 2060

Ordres	Types de changements entre 2020 et 2060	Superficies (Ha)
Régression		
1	Forêt claire et Savane boisée s'est transformée en Savane arborée et arbustive	17276
	Savane arborée et arbustive s'est transformée en Plantation	4636
	Champs et jachère s'est transformée en Agglomération	7388
	Sous total 1	29300
2	Forêt claire et Savane boisée s'est transformée en Plantation	1936
	Savane arborée et arbustive s'est transformée en Champs et jachère	15606
	Plantation s'est transformée en Agglomération	1112
	Sous total 2	18654
3	Savane arborée et arbustive s'est transformée en Agglomération	2013
	Sous total 3	2013
Total de régression		49967
Progression		
1	Champs et jachère s'est transformée en Plantation	1708
	Sous total 1	1708
Total de progression		1708

Source : Interprétation des images SPOT 4 et 5 de 2000

L'analyse du tableau VI montre qu'entre 2020 et 2060, la superficie des ordres de régression des différentes unités d'occupation du sol est de 49967 ha, subdivisée en 3 ordres. Un (1) ordre de progression (1708 ha) est observé au cours de cette période. Elle concerne les champs et jachères qui se transformeraient en plantation.

2.3 Tendance des formations anthropiques et naturelles des années 2000, 2010, 2020 et 2060

Les différentes unités d'occupation du sol ont connu dans leur ensemble, une évolution progressive, régressive ou une stabilité entre 2000, 2010, 2020 et 2060. Cette évolution sera beaucoup plus accentuée dans les quarante prochaines années. Les différentes situations dans chaque cas sont traduites par la figure 11.

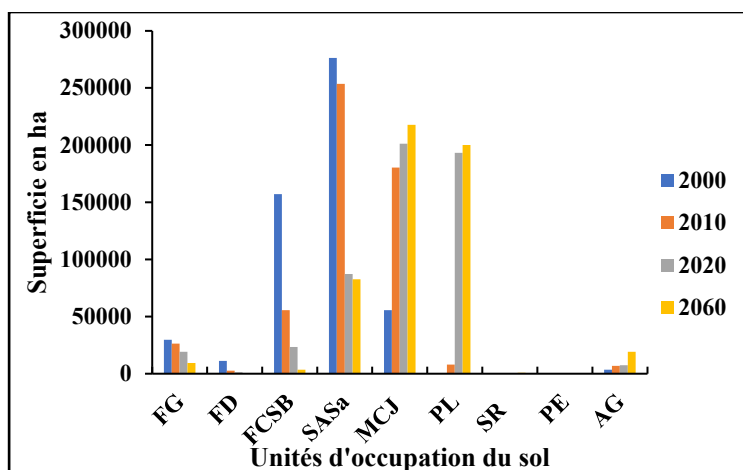


Figure 11 : Tendances des formations naturelles et anthropiques dans le bassin supérieur de l'Okpara entre 2000 et 2060

Source : Traitements statistiques, juin 2020

L'examen de la figure 11 montre que les superficies de toutes les formations anthropiques ont connu une progression de 59 536 ha en 2000 à 401 682 ha en 2020. Cette évolution se maintiendrait à l'horizon 2060 (436 868 ha). Cependant, celles des formations naturelles connaissent une régression et une stabilité. Cette dynamique synthétique se résume par les figures 12 et 13.

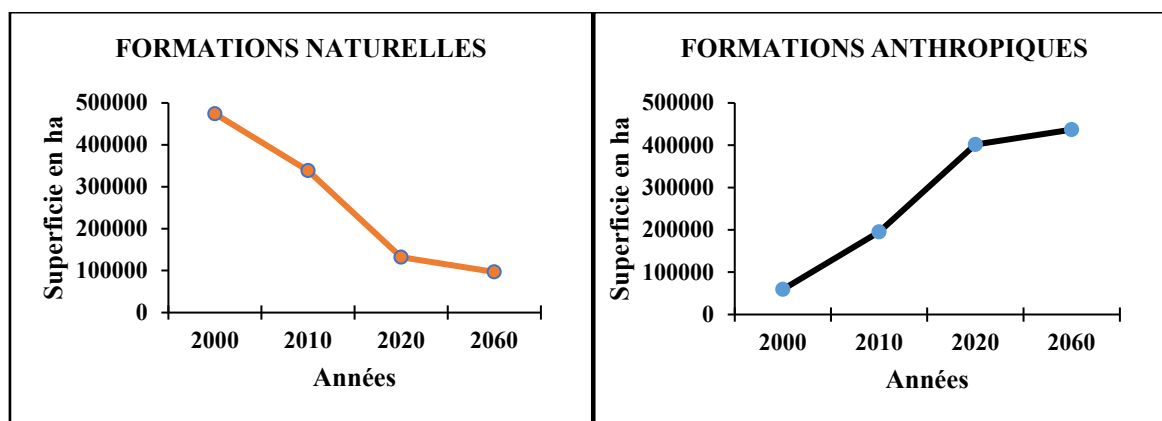


Figure 12 : Tendances des formations naturelles de 2000 à 2060

Figure 13 : Tendances des formations anthropiques de 2000 à 2060

Source : Traitements statistiques, juin 2020

De l'analyse des figures 12 et 13, il ressort que les formations anthropiques ont progressé au détriment des formations naturelles. Cela est dû à l'accroissement de la population entraînant une pression foncière qui se manifeste par une surexploitation du milieu et par conséquent, une dégradation de l'environnement.

III. DISCUSSION

L'analyse de la dynamique de l'occupation du sol dans le bassin supérieur de l'Okpara a permis de mettre en évidence les différentes formes de conversion subies par la végétation à partir de la matrice de transition. Ainsi, la savane arborée et arbustive et la forêt claire et savane boisée qui représentent respectivement 47,51 % et 10,40 % de la couverture des unités d'occupation de sol en 2010, ont connu une régression pour passer respectivement à 16,35 % et 4,39 % en 2020. Les champs et jachères et la plantation qui occupaient respectivement en 2010 une proportion de 33,79 % et 1,50 % des superficies des terres, ont progressé pour atteindre une proportion de 37,70 % et 36,20 % en 2020. Enfin, tout le reste des unités ont subi une légère modification entre 2010 et 2020 dans

le bassin supérieur de l'Okpara. Cette dynamique montre l'importance place qu'occupent les formations anthropiques au détriment des formations naturelles dans la zone de recherche.

Ces résultats corroborent ceux de A. Akognongbé *et al.* (2014, pp. 242-243) dans le bassin versant de l'Ouémé à l'exutoire de Bétérou (Bénin). Il ressort de leur recherche que les unités paysagiques du bassin versant de l'Ouémé ont connu une modification entre 1978 et 2010, avec une régression sensible des formations végétales naturelles (forêt et savane) et une progression des formations anthropisées (mosaïques de cultures et jachère, plantations) liée à la croissance démographique. Dans cette zone de recherche, les formations naturelles sont passées de 945215 à 337704 hectares, soit une régression de 9,23 %, tandis que les formations anthropisées ont connu une augmentation de leur superficie passant de 64858 à 672369 hectares soit 52,26 % d'accroissement. Mais, il faut souligner que les formations naturelles représentent encore 36,38 % de la superficie totale du bassin contre 63,63 % pour les formations anthropisées.

Ce qui vient confirmer les résultats des recherches de R. Ogouwalé *et al.* (2016, pp. 140-141), sur l'implication hydrologique de la dynamique de l'occupation des terres dans le bassin de l'Okpara, ont montré qu'entre 1978 et 2007, les mosaïques de culture ont progressé d'environ 29,5%. Au cours de la même période, la forêt dense et les forêts arborées et arbustives ont régressé respectivement de 7,60 % et 14,30 %. Sur la base des tendances observée, ces auteurs ont fait une modélisation à l'horizon 2050. Il ressort des analyses cette projection que, les forêts denses et les forêts claires connaîtront une diminution tendancielle et passeront respectivement de 0,60 % en 2007 à 10,68% en 2050 et de 14,66 % à 21 % en superficie au profit des mosaïques de cultures (79,29 %).

Ces résultats viennent confirmés aussi ceux de A. Abdoulaye (2020, p. 222) dans les 2KP. Dans cette zone, la savane arborée et arbustive et la forêt claire et savane boisée qui représentent respectivement 50,8 % et 10,95 % de la couverture des unités d'occupation de sol en 2010, ont connu une régression pour passer respectivement à 44,99 % et 5,19 % en 2019. Tandis que les champs et jachères qui occupaient en 2005 une proportion de 27,52 % des superficies des terres, ont progressé pour atteindre une proportion de 38,85 %, soit une augmentation de 11,33% de leur superficie.

IV. CONCLUSION

Le bassin supérieur de l'Okpara subit une forte pression des systèmes culturels actuellement pratiqués par les agriculteurs dans la zone. L'analyse de la dynamique des unités d'occupation du sol a révélé que les formations naturelles ont connu une transformation au profit des formations anthropisées.

Par ailleurs, les résultats de la modélisation ont montré qu'à l'horizon 2060, la physionomie du bassin supérieur de l'Okpara serait fortement dominée par les formations anthropiques au détriment des formations naturelles. Ainsi, les formations naturelles seront probablement constituées par ordre d'importance de savanes arborées et arbustives et des îlots de forêts claires et de savanes boisées et de minces galeries forestières. Les savanes arborées et arbustives constituent les formations végétales naturelles dominantes. Par contre, les formations anthropiques seraient par ordre d'importance les mosaïques de champs et de jachères, les plantations et les agglomérations. A l'horizon 2060, le bassin supérieur de l'Okpara peut apparaître comme une zone essentiellement agricole, mais avec des sols qui seront exposés aux intempéries climatiques.

REFERENCES

- [1] ABDOULAYE Awali, 2020, *Pratiques agricoles de restauration de la fertilité des sols dans les 2 KP (kèrou, kouandé et Péhunco) au nord-ouest du Bénin*. Thèse de doctorat, EDP/FLASH/UAC, 361 p.
- [2] AKOGNONGBE Arsène, ABDOULAYE Djafarou, VISSIN Expédit Wilfrid et BOKO Michel, 2014, Dynamique de l'occupation de sol dans le bassin versant de l'Ouémé à l'exutoire de Bétérou (Bénin). *Afrique science*, **10 (2)** : 228-242
- [3] AROUNA Ousséni, 2012, *Cartographie et modélisation prédictive des changements spatio-temporels de la végétation dans la Commune de Djidja au Bénin : Implication pour l'aménagement du territoire*. Thèse de doctorat, EDP/ FLASH/ UAC, 246 p.
- [4] IGUE Attanda Mouinou, HOUNDAGBA Cossi Jean, WOROU R, GAISER Timo, MENSAH Guy Apollinaire, STAHR Karl, 2010, Aspects de la dynamique de l'occupation du sol et du projet d'aménagement participatif de la forêt classée de Toui-Kilibo au Bénin. *Revue Science de l'Environnement de l'Université de Lomé (Togo)*, 2010, n°006. ISSN 1812-1403, pp. 113-134

- [5] PLAGBETO Hermann A., OREKAN O. A. Vincent, ALLAGBE B. Y. Simon, 2018, Systèmes cultureux et dégradation du couvert végétal au sud-ouest du Bassin versant de l'Ouémé Supérieur au Bénin. *Anales de la FASHS*, Volume 1, janvier 2018, pp. 26-43
- [6] OGOUWALE Romaric, COAMI GOMEZ Anseque, ISSA Mamam-Sani, 2016 : Implication hydrologique de la dynamique de l'occupation des terres dans le bassin de l'Okpara au Bénin (Afrique de l'Ouest). *Notes Scientifique, homme et société*, N°5, décembre 2016, pp. 131-147
- [7] OGOUWALE Romaric, 2013, *Changements climatiques, dynamique des états de surface et perspectives sur les ressources en eau dans le bassin versant de l'Okpara à l'exutoire de kaboua*. Thèse de doctorat unique, Abomey- Calavi, EDP/FLASH/UAC, 204p.
- [8] SAMBIENI Kouagou Raoul, TOYI Mireille Scholastique et MAMA Adi, 2015, Perception paysanne sur la fragmentation du paysage de la forêt classée de l'Ouémé Supérieur au nord du Bénin. *VertigO-Revue électronique en Science de l'environnement* (en ligne), Volume 15 Numéro 2/ Septembre 2015, mis en ligne le 05 Octobre 2015, consulté le 02 décembre 2020. <https://doi.org/104000/vertigo.16477>
- [9] TOKO MOUHAMADOU Inoussa, 2015, *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, EDP/ FLASH / UAC, 227 p.
- [10] TOKO I. Nourou., 2014 : *Cartographie et modélisation de la dynamique des parcours naturels des troupeaux transhumants dans les communes de Banikoara et de Karimama (Nord-Bénin)*. Mémoire de DEA, EDP/FLASH/UAC, 101 p.