

## **MODÉLISATION DE LA DYNAMIQUE DE L'OCCUPATION DES TERRES DANS LA COMMUNE DE POBÈ**

*C. C. HOUNTON\**, *A. M. IGUE\*\**, *G. A. AGBAHUNGBA\**, *V. J. MAMA\*\** & *G. A. MENSAH\*\**

*\*Faculté des Sciences et Techniques Chaire Internationale en Physique Mathématique et Applications (CIPMA-Chaire UNESCO) 072 BP 50 Cotonou, République du Bénin, email : chacoli2001@yahoo.fr.*

*\*\*Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)*

### **RÉSUMÉ**

Une étude sur la dynamique de l'occupation des terres a été réalisée dans la Commune de Pobè en vue d'évaluer les changements dans l'espace et le temps à la suite des pratiques diverses observées en matière d'exploitation des ressources naturelles.

La méthodologie adoptée a consisté à l'analyse diachronique à travers l'interprétation visuelle des images SPOT de 1986 et de 2008 et à construire un modèle à partir de la chaîne de Markov et à faire des projections.

Des travaux réalisés, il ressort que les forêts denses ont régressé sur 8,1 % du territoire, la mosaïque de culture et jachère sous-palmier a gagné 48 % de la superficie totale transformée et la mosaïque de culture et jachère a progressé 28,20 %. La pression sur les ressources naturelles est évidente et renforcée par une forte croissance démographique (4,35 % environ selon le Recensement Général de la Population et de l'Habitat de 2002). Dans le même temps, la population de cette commune est passée de 52540 habitants en 1979 à 123740 habitants en 2013 avec un taux d'accroissement naturel annuel de 2,59 %. La population agricole représente 77,8 % soit 53708 habitants en 2002. Cette population à la recherche de nouvelles terres exerce de façon inquiétante une forte pression sur les ressources naturelles très limitées causant ainsi des problèmes de gestion durable de l'espace communal. La modélisation de la dynamique de l'occupation des terres par la matrice de transition à travers la chaîne de Markov montre qu'entre 1986 et 2008, les catégories en régression concernent les forêts denses humides semi-décidues alors que les agglomérations, les mosaïques de cultures et jachères ainsi que les mosaïques de cultures et jachères sous-palmier progressent de façon drastique. Les simulations faites révèlent que la probabilité pour qu'une cellule d'occupation des terres soit transformée en champ ou en jachère varie entre 0 % et 58 %. Les projections réalisées vers l'horizon 2024 montrent que toutes les catégories vont subir une augmentation jusqu'à leur stabilisation.

**Mots clés :** Télédétection, occupation des terres, étude diachronique, modélisation, matrice de transition.

### **ABSTRACT**

A study on the dynamics of land use was carried out in the Municipality of Pobè to assess changes in space and time as a result of various practices observed operating matters of natural resources.

The methodology consisted in the diachronic analysis through visual interpretation of SPOT images of 1986 and 2008 and to build a model from the Markov chain and make projections.

Of the work, it appears that the dense forests fell 8.1 % on the territory, the mosaic of culture and fallow under palm won 48 % of the total area and transformed the culture and fallow mosaic rose 28.20 %. The pressure on natural resources is evident and reinforced by strong population growth (around 4.35 % according to the General Census of Population and Housing 2002). At the same time, the population of the City increased from 52,540 inhabitants in 1979 to 123,740 inhabitants in 2013 with an annual natural growth rate of 2.59 %. The agricultural population represents 77.8 % or 53 708 inhabitants in 2002. This

population in search of new land carries ominously strong pressure on the very limited natural resources and causing problems for the sustainable management of communal space. The modeling of the dynamics of occupation of land by the transition matrix through the Markov chain shows that between 1986 and 2008, declining categories concern the dense moist semi-deciduous forests while agglomerations, mosaics crops and fallow mosaics and crops and fallow under palm rose drastically. Simulations show that the probability that land tenure cell is transformed into field or fallow varies between 0 % and 58 % .The projections to 2024 show that all categories will undergo an increase up 'to their stabilization.

**Keywords:** remote sensing, land use, diachronic, survey modeling, matrix of transition

## INTRODUCTION

Les changements d'occupation et d'utilisation des terres sont au cœur des préoccupations depuis quelques décennies. En effet, de nombreuses régions intertropicales africaines subissent des transformations radicales de plus en plus rapides de leur paysage. Ces changements sont principalement dus aux systèmes agricoles inadaptés, à l'exploitation anarchique des bois tropicaux et à la forte pression démographique et secondairement, au désir d'industrialisation des pays entraînant une augmentation des surfaces anthropisées et une réduction des paysages naturels (Wright, 2005). L'agriculture constituant le secteur essentiel de l'économie des pays en développement, plusieurs pays africains dans la recherche de l'amélioration de leur économie ont adopté depuis quelques décennies des politiques orientées vers un accroissement de la production agricole à travers l'augmentation des superficies cultivées.

L'agriculture béninoise consomme 3 % de la superficie totale du pays chaque année. Elle occupe près de 60 % de la population active. Les superficies agricoles emblavées sont passées de 1080000 ha en 1961 à 1717000 ha en 1994, soit un accroissement de plus de 59 % en 33 ans (Agbahungba & Depommier, 1989). Cette situation entraîne la raréfaction de plus en plus des terres cultivables pour les communautés rurales (Tossou, 2005).

La Commune de Pobè comme toutes les autres communes du Bénin, connaît une forte pression anthropique sur ses ressources naturelles. Sa population qui était de 54181 habitants en 1992 a atteint 82910 habitants en 2002 et 123740 habitants en 2013. Le taux d'accroissement est de 4,35 % en 2002. En 2013, cette population passe à 123740 habitants et le taux d'accroissement est de 2,59 % comme au niveau national (INSAE, 2013). La densité est de 309 hbts /km<sup>2</sup> (INSAE, 2013). L'agriculture occupe les 85 % de cette population avec la pratique de culture itinérante sur brûlis entraînant une exploitation abusive des forêts et donc des ressources naturelles. Les programmes de planification locale réduits à l'élaboration du Plan de Développement Communal exposent les actions de développement local aux risques

d'incohérence spatiale (Mbala, 2009). Ce qui fait que la commune connaît une extension spatiale incontrôlée et pose un véritable problème de gestion durable de son espace et de ces ressources naturelles. Plusieurs auteurs ont abordé le sujet et de plusieurs manières. En effet, Codjia & Gnagna (1993) ont étudié l'impact de la pression humaine sur la dynamique des paysages végétaux de la forêt classée de Touï-Kilibo dans le centre du pays. Ils ont constaté que la superficie des formations denses diminue au profit de celle des formations claires, des jachères et des espaces cultivés. Le CENATEL dans son rapport final sur la base de données géoréférencées sur l'utilisation agricole des terres au Bénin en 2002 a identifié les conditions naturelles qui influencent l'utilisation et l'occupation des terres au Bénin. Il a montré les types d'occupation du sol, leur répartition spatiale et les diverses activités humaines qui pourraient peser sur l'espace. Orekan, (2007) quant à lui, a fait ressortir comment la détection de ces dynamiques spatiales, la compréhension du processus de changement de même que la modélisation des scénarii constituent autant de conditions requises pour la mise en place d'un plan d'aménagement aux fins d'une utilisation durable des ressources naturelles. Ces différents travaux demeurent insuffisants alors que la question est cruciale dans le contexte du développement durable. Ainsi dans la perspective d'apporter une contribution aux réflexions menées sur la question de l'occupation des terres, nous abordons le thème intitulé : "modélisation de la dynamique de l'occupation des terres dans la Commune de Pobè." L'objectif général est de contribuer à l'étude de la dynamique de l'occupation des terres dans la Commune de Pobè pour un meilleur plan d'aménagement par l'identification des facteurs biophysiques et socio-communautaires qui influencent l'occupation des terres à Pobè, la caractérisation des différents changements intervenus dans l'occupation des terres, la simulation et l'évolution de l'occupation des terres à travers des projections.

## APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

### *Matériel et données*

Pour la réalisation de cette étude, les matériels suivants ont été utilisés : des images SPOT de 1986 et de 2008 (résolution 2,5m) disponibles au CENATEL (Centre National de Télédétection et de Suivi Ecologique) pour la réalisation des différentes cartes d'occupation des sols, des cartes administratives au 1/200000 de la Commune de Pobè (feuilles IGN, 1976), le Global Positioning System (GPS) pour prendre les coordonnées géographiques des infrastructures et d'autres éléments d'occupation du sol sur le terrain ; deux

logiciels respectivement pour le traitement des images satellitaires (ERDAS IMAGINE) et ARCVIEW GIS 3.2 pour le système d'information géographique (SIG).

Les données des recensements et d'infrastructures sociocommunautaires sont obtenues à l'INSAE. Les données sur les statistiques agricoles sont obtenues au niveau du CeCPA Pobè.

### *Méthodes*

Trois (3) sources de données ont été combinées dans l'approche méthodologique qui sous-tend cette étude: les sources d'images satellites, les données physiques et les données socio-économiques. Des données complémentaires ont été construites à titre de paramètres d'entrée pour simuler la dynamique de l'occupation du sol au moyen de la chaîne de Markov.

Une mission de terrain a permis de collecter des données. Cette collecte de données a concerné la carte administrative de Pobè, des coordonnées des infrastructures, des forêts sacrées et des forêts classées prises avec le GPS.

### *Traitement de Données satellitaires*

Les différentes cartes thématiques ont été élaborées dans le logiciel ARCVIEW 3.2. La réalisation des cartes part des données collectées sur le terrain, leur gestion et la production technique. Les principaux axes d'exécution de cette approche méthodologique sont; la correction géométrique, la composition colorée, la segmentation et la classification.

### *Correction géométrique*

Elle a consisté au référencement des images. Les corrections géométriques se basent sur un modèle de ré-échantillonnage tenant compte des distorsions dues aux conditions de prise de vue ainsi que des transformations nécessaires pour transposer l'image dans la projection cartographique désirée (projection Lambert conforme, projection UTM, projection stéréographique polaire, projection polycônique, etc.). Les corrections géométriques se basent sur une modélisation de la dynamique de vol du satellite d'après les paramètres de prise de vue (éphémérides, attitude, etc.) et des données géographiques ou cartographiques, constituées par des points d'appui.

### *La composition colorée*

Elle a consisté à combiner qualitativement trois bandes spectrales des images afin d'en améliorer la qualité graphique pour une bonne interprétation de celles-ci. La composition colorée en fausse couleur effectuée à partir de la combinaison des bandes 4, 3 et 2 respectivement dans les canaux du rouge, vert et bleu a permis de distinguer par exemple la végétation active en rouge, les éléments hydrographiques et les plans d'eau en noir puis les structures urbaines en couleur cyan ou blanche.

### *Segmentation et classification d'images*

La segmentation et la classification des images ont permis de faire l'extraction des détails dans l'image. Ceci exige une bonne connaissance de la zone d'intérêt. Cette opération s'est déroulée en quatre phases essentielles sous le logiciel ERDAS IMAGINE: la définition de la légende ou le renseignement du ROI (Regions Of Interest), la sélection des échantillons de parcelles d'entraînement (ou Regions), la description et le renseignement des différentes classes, le choix de l'algorithme de classification. La variation tonale de chaque pixel dans l'image et les clés d'interprétation telles que la forme, la taille, la texture ont permis de dégager les thèmes d'occupation du sol. De cette interprétation visuelle, huit classes d'occupation du sol ont été distinguées: 1) les forêts denses humides semi-décidues, 2) les formations marécageuses, 3) les mosaïques de cultures et jachères, 4) les mosaïques de cultures et jachères sous palmier, 5) les agglomérations, 6) les plantations, 7) les zones industrielles. La nomenclature des classes de végétation a été faite sur la base de la classification de la FAO. Après la vérification terrain, la matrice de confusion a permis de valider la précision globale de la classification et les différents types d'occupation du sol sont bien discriminés ou classifiés.

### *Vectorisation*

Elle a consisté à convertir les images raster en vecteurs par la création des polygones, des lignes et points. Les performances du logiciel ARCVIEW version 3.2 ont permis de mener les opérations de vectorisation des classes d'occupation du sol. Ainsi des cartes ont été réalisées, les superficies des classes d'occupation du sol ont été calculées et des comparaisons ont été faites.

### Vérification Terrain

Pour vérifier la précision des travaux menés au laboratoire, une mission de terrain a été organisée. Au cours de cette mission une exploration du milieu d'étude a été réalisée à partir des observations directes des objets du paysage. Ces observations concernent l'identification des types de végétation, le relief, les pratiques agricoles et les cultures. Pour plus de fiabilité, des points GPS ont été pris sur le terrain avec leurs attributs; ces points sont saisis sur Excel, convertis en données D base IV et projetés sur les cartes.

### Évaluation et Validation

Pour l'évaluation de la précision thématique d'une carte, les méthodes conventionnelles sont employées. Il s'agit de la matrice de confusion et de l'indice Kappa (Congalton, 1991 ; Chalifoux, 2006). La matrice de confusion donne une évaluation de la précision globale de la cartographie et des résultats de classification pour chacune des classes thématiques. L'indice Kappa évalue dans la matrice de confusion l'accord entre les résultats de l'interprétation et la vérité sur le terrain.

L'indice Kappa (4) est exprimé en termes de précision globale observée(5) et de précision prévue(6).

$$K = \frac{a - b}{1 - b} \quad (4)$$

$$a = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{Nc} x_{ii} \quad (5)$$

$$b = \frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^{Nc} (x_{+i} \cdot x_{i+}) \quad (6)$$

$N_c$  étant le nombre de classes et  $N$ , le nombre total d'observations.

$x_{ii}$ =Nombre d'observations dans la colonne  $i$  Ligne  $i$  (diagonale de la matrice)

$x_{+}$ =Total des observations dans la colonne  $i$  (Total à droite dans la matrice)

$x_{i+}$ =Total des observations dans la ligne  $i$  (total en bas de la matrice).

Pour vérifier la précision dans l'interprétation, la matrice de confusion représentée par le Tableau 8 ci-dessous renseigne sur l'évaluation de la classification de l'image spot 2008. Selon Pontius (2000), pour une analyse d'images dont la valeur de Kappa est supérieure à 0,50, les résultats sont bons et exploitables.

*La mise en place de la matrice de transition et le processus de simulation*

Le processus de simulation peut faire appel à différentes techniques. Au nombre de ces techniques, il existe les deux suivantes :

- ✓ La technique des équations différentielles utilisées par exemple par Dobson (1997), citée par Mama & Oloukoi (2006) exprimant le changement de certaines catégories d'occupation des terres par l'utilisation d'équations différentielles qui tiennent compte de certains facteurs d'influence connus ;
- ✓ La technique des automates cellulaires, qui permet de déterminer les changements de catégorie des cellules spatiales élémentaires sur la base des règles de transition. Dans le cadre de cette étude, la simulation a été réalisée par cette dernière technique (les automates cellulaires probabilistes). Ainsi une matrice P des probabilités de transition a été déterminée. Cette matrice donne la probabilité moyenne  $p(i,j)$  qu'une cellule dont la catégorie est  $i$  au temps  $t_0$  passe à la catégorie  $j$  au temps  $t_1$ ; ces probabilités ne sont pas à confondre avec celles de changement de catégorie d'une cellule élémentaire du paysage, qui ont été calculées à partir des valeurs  $a(i,j)$  par une estimation empirique sur la base de la matrice de transition observée. Ainsi,  $P(i,j) = a(i,j) / \sum_i a(i,j)$

Le principe général des automates probabilistes sont très utilisées dans les considérations suivantes:

- le champ cellulaire est un ensemble de cellules spatiales déployées dans un espace où les cellules sont disposées selon un arrangement défini;
- chaque cellule  $u$  prend, au temps  $t$ , un état  $e(j,u,t)$ , avec  $j = 1$  ;
- dans un automate probabiliste, la détermination de l'état  $j$  de la cellule  $u$  au temps  $t$  est assujettie aux probabilités  $p(j,u,t)$  telle que la somme des  $p(j,u,t)$  sur les  $j$  est égale à 1 ;
- dans un automate probabiliste, le choix de la catégorie initiale est précédé de la détermination des probabilités initiales  $p(j, u, t_0)$ .

L'espace numérisé est considéré comme un ensemble de cellules dont chacune peut être classée dans une catégorie d'occupation des terres. Chacune des cellules peut changer d'état pendant la période d'étude (1986-2008) suivant des règles précises de transition. L'ensemble des cellules appartenant à une catégorie donnée permet de calculer la superficie totale du paysage appartenant à cette catégorie d'occupation des terres.

## RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

*Résultats*

La Commune de Pobè abritait une population de 52 540 habitants en 1979. En 1992, cette population est passée à 54181 habitants soit un taux d'accroissement de 0,24 % en 13 ans. Mais en 2002 (soit 10 ans après), cette population après que doublée est passée à 82 910 habitants avec un taux d'accroissement naturel de 4,35 % (INSAE, 2002). Cette situation alarmante est due au fort taux de natalité lié au progrès de la médecine, aux mariages précoces, à la déperdition scolaire au niveau des jeunes filles et à la dynamique naturelle de la population dans cette commune (Hounton, 2011). En 2013, la population est passée à 123740 habitants soit un accroissement de 2,59 %. La population agricole (Tableau 1) très importante est estimée à 53 708 habitants sur une population totale de 82 910 habitants soit un taux de 77,8 % de la population totale en 2002. Cette frange importante de la population de la commune exerce de façon directe ou indirecte une forte pression sur les ressources naturelles notamment forestières.

Tableau 1. Répartition de la population de Pobè par arrondissement entre 1979 et 2002

Arrondissement	Population			Ménages agricoles		Densité		Taux d'accroissement
	1979	1992	2002	1992	2002	1992	2002	
Towé	4627	6949	11712	6582	10627			
Pobè	16633	23427	33249	9395	10336			
Ahoyéyé	7220	7290	9482	6970	7509			
Igana	5023	5608	8735	5507	7385			
Issaba	11735	10907	19732	10064	17851			
Total	45238	54181	82910			135	207	4,35

Source: Données INSAE, RGPH1-2-3

*Occupation des terres dans la commune de Pobè*

Les superficies des unités d'occupation du sol sont obtenues sur la base de l'équation suivante :

Soit  $U - U_{1986}$ , la superficie d'une unité d'occupation du sol en 1986 désignée par ( $U_1$ ),

$U - U_{2008}$ , la superficie d'une unité d'occupation du sol en 2008 désignée par ( $U_2$ ).

$\Delta U$ , la variation de la superficie de cette unité d'occupation du sol entre 1986 et 2008.

$$\Delta U = U_2 - U_1$$

Si  $\Delta U = 0$ , alors, il y a stabilité

Si  $\Delta U < 0$ , alors, il y a régression de cette unité

Si  $\Delta U > 0$ , alors, il y a progression de cette même unité. Par rapport à la végétation naturelle, il y a évolution régressive en cas de contraction ou diminution et évolution progressive en cas d'extension. Cette technique a permis de suivre l'évolution des différentes unités d'occupation du sol et d'apprécier le rythme son extension spatiale à Pobè. La dynamique spatiale de cette forêt zone d'étude peut être appréciée en comparant l'état de référence (1986) à l'état final (2008) de la carte d'occupation du sol (Figure 2 et Figure 3 et Tableau 4).

**Tableau 2.** Synthèse des résultats de la dynamique de l'occupation des sols dans commune de Pobè dans les périodes 1986 et 2008

Types	Superficies (ha) 1986	Superficies (ha) 2008	Différence de S. (ha)	Observation
AGG	1031	1865	834	Progression
FDHSD	4739	2024	-2715	Régression
FM	3063	2078	-985	Régression
ZM	251	703	452	Progression
MCJ	14971	24430	9459	Progression
MCJP	18745	11358	-7387	Régression
ZI	4	120	116	Progression
PL	244	235	-9	Régression

L'évaluation de la classification a permis d'apprécier l'évolution des unités d'occupation du sol à différentes périodes. Le Tableau 3 montre à travers la matrice de confusion, la précision de la classification après la vérité-terrain.

Tableau 3. Matrice de confusion de l'image spot 2008

INTERPRETATION										
2008	AG	FDHSD	FM	MCJ	MCJP	ZM	ZI	PL	Total	Précisions%
TERRAIN										
AG	13			2	1		2		18	0,72
FDHSD	1	9	2					1	13	0,69
FM		3	6			1		2	12	0,50
MCJ	3			120	30	1		1	155	0,77
MCJP	6			22	90	0		4	122	0,74
ZM				4	2	34			40	0,85
ZI	2			1				14	17	0,82
PL	1	2	1	1	2			17	24	0,71
Total	26	14	9	150	125	36	16	25	401	
Précision Globale										0,75
Précision Prévüe										0,25
Indice de Kappa										0,66

Source : Données de Terrain, 2008

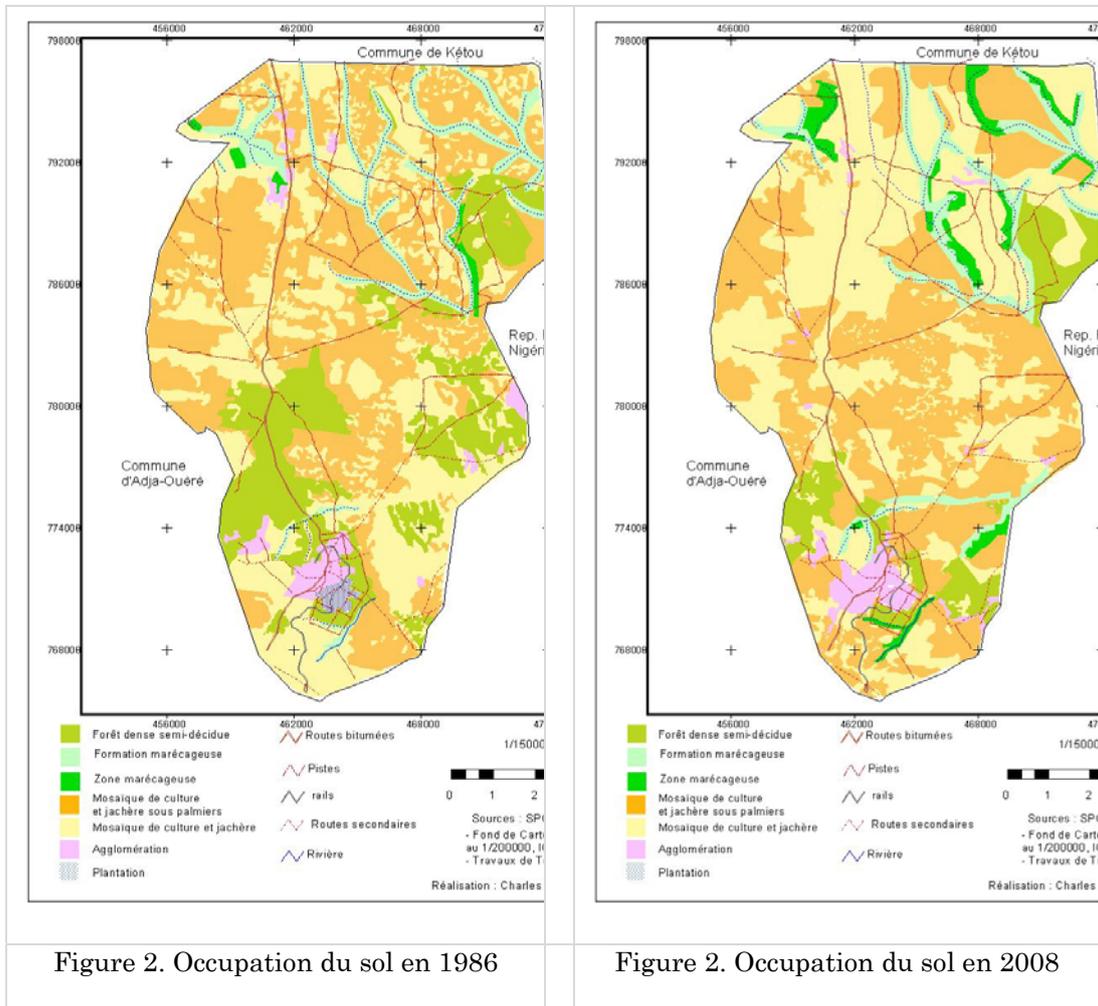


Figure 2. Occupation du sol en 1986

Figure 2. Occupation du sol en 2008

*Résultats de la modélisation*

La matrice de transition des changements de l'occupation des terres Tableau 3 permet de répondre à la question relative au changement de catégorie des cellules d'occupation des terres mise en exergue par l'étude. Les colonnes de chaque matrice représentent les classes en 2008 et les lignes, celles de 1986. Chaque valeur du tableau correspond à la proportion de l'aire convertie entre 1986 et 2008, de la classe indiquée sur la ligne vers la classe en tête de colonne. Cette matrice, aussi appelée matrice des changements de l'occupation des terres, entre 1986 et 2008, révèle les informations indiquent que toutes les classes ont connu des changements pendant la période

d'étude. Ainsi, la forêt dense humide semi-décidue a subi une forte dégradation entre 1986 et 2008 de 53 % de sa superficie initiale. De cette superficie, 48 % s'est convertie en mosaïque de culture et jachère sous palmier. La mosaïque de culture et jachère progresse ainsi de 28, 20 %. La forêt dense a conservé 18 % de la superficie initiale. La Mosaïque de culture et jachère sous palmier a connu une régression de 39,40 % et conserve 60,60 %. Par contre la Mosaïque de culture et jachère a progressé de 63,18 % et conservé 47,39 % de sa superficie en 1986. De même, les agglomérations, ont progressé dans le temps. Elles ont augmenté de 8 % de leur superficie de 1986 et conservé 45,42 % de la même superficie. Les forêts marécageuses et les zones marécageuses ont progressé atteignant respectivement 2 % et 85 % de leur superficie de 1986.

Tableau 4. Matrice de transition

1986/2008	AG	FDHSD	FM	MCJ	MCJP	ZM
AG	0,45	0,058	0	0,27	0,15	0,057
FDHSD	0,01	0,18	0,02	0,28	0,48	0,01
FM	0,00	0,00	0,53	0,14	0,06	0,25
MCJ	0,02	0,04	0,04	0,47	0,39	0,02
MCJP	0,00	0,06	0,03	0,42	0,44	0,02
ZM	0	0	0,58	0,23	0,14	0,04

### *Résultat de la simulation*

Les projections faites sur la base des données recueillies à partir de l'interprétation de l'image spot 2008 en supposant que toute chose reste égale selon le modèle linéaire de Markov donnent les résultats consignés dans le Tableau 4. Selon ces tendances (Tableau 4), la superficie des forêts denses va passer de 3 067 ha en 2008 à 13 991,09 ha en 2012. Cette superficie va se stabiliser autour de ce chiffre jusqu'à l'an 2024. De même, les agglomérations, les formations marécageuses et les zones marécageuses vont s'accroître presque au même rythme que les forêts denses. Par contre les classes mosaïque de culture et jachère et mosaïque de culture et jachère sous palmier vont sensiblement diminuer de superficies passant respectivement de 17 042 ha et 17 158 ha en 2008 à 13 798,33 ha et 13 871,13 ha en 2012 et resteront stables de ces valeurs jusqu'en 2024.

Tableau 5. Résultat des projections

TYPES	ANNEES				
	2008	2012	2016	2020	2024
AGG	1099	13319,86	13447,09	13369,91	13348,80
FDHSD	3067	13991,09	13479,38	13372,75	13349,27
FM	3094	11014,44	12827,04	13227,96	13317,07
MCJ	17042	13798,33	13443,02	13364,88	13347,52
MCJP	17158	13871,13	13453,07	13366,88	13347,96
ZM	1634	11525,1	12939,70	13252,96	13322,63

## DISCUSSION

Les images Spot utilisées au cours de cette recherche sont de très grande résolution (2,5m) ; ce qui a permis d'avoir une meilleure précision dans l'interprétation. Les résultats obtenus ont permis de dégager la tendance générale de la dynamique de l'occupation des terres dans la Commune de Pobè. Cette tendance montre une augmentation des superficies des mosaïques de cultures et jachères et des agglomérations. La progression de ces deux classes est liée à l'évolution de la population dans cette Commune. Ainsi, on en déduit qu'au fur et à mesure que la population augmente les mosaïques de cultures et jachères et les agglomérations s'agrandissent (Igué *et al.* 2010). De même, les formations marécageuses et zones marécageuses ont progressé. Ceci se justifiant par la nature hydromorphe de près de 80 % des terres de la commune (Igué *et al.* 1999 ; Weller, 2001). Les paysans fuyant les désastres causés par l'eau abandonnent une partie de ces terres imperméables et périodiquement inondées pour continuer les activités agricoles au Nigéria. Par contre, les forêts denses et les plantations de palmier ont régressé. La dégradation observée au niveau des forêts n'est pas de grande ampleur comme ce qu'on observe dans le centre et nord Bénin décrit dans les travaux de Tente (2000), Mama (2003) puis Igué *et al.* (2010). En effet la plupart des forêts de la Communes ont des forêts sacrées donc protégées par les populations autochtones. Les régressions observées au niveau des plantations de palmier sont liées à l'abatage des arbres. Ce même phénomène est observé au niveau des mosaïques de culture et jachères sous palmier dans certains arrondissements. En effet, l'effet conjugué de la baisse de la pluviométrie ajoutée à l'âge des arbres entraîne une baisse de

production du palmier à huile. Face à ces réalités, les paysans abattent les arbres pour l'extraction du vin de palme. Cependant ce résultat confirme ceux obtenus des travaux réalisés dans les zones de transition forêt-savane par Goetze *et al.* (2006) au nord de la Côte d'Ivoire. En effet, la déforestation dans la région sud de la Côte d'Ivoire est la conséquence de la pratique de l'agriculture itinérante sur brûlis comme principale technique culturale depuis des décennies dans cette région. Cette pratique agricole est associée à des feux de végétation et à l'abattage des arbres pour la fabrication de charbon de bois, l'obtention du bois de chauffe et de bois d'œuvre. De même, Akoègninou & Akpagana (1997) et Igué *et al.* (2005) ont constaté une expansion des champs et des jachères ainsi que des agglomérations, au détriment des formations forestières denses. Ils avaient conclu qu'il y a un impact considérable de l'activité humaine qui se traduit par la raréfaction des grandes espèces telles que *Azelia africana*, *Anogeissus leiocarpus*, *Burkea africana*, *Pterocarpus erinaceus* et, *Isoberlinia doka*, utilisés comme combustible pour la fabrication de la farine de manioc. Une des conséquences de cette dégradation est la migration des populations rurales pour la conquête de nouvelles terres. Ainsi, il est malheureusement constaté que l'humain a commencé par s'attaquer aux lieux les plus sacrés à cause du manque de terres fertiles. Dans une autre étude réalisée dans trois communes (Savè, de Ouèssè et de Tchaourou) au centre du Bénin, Mama (2003) a constaté la même tendance. Il a remarqué que cette dynamique de l'occupation des terres affecte la cohésion sociale des populations, les induisant à la conquête de nouvelles terres en déplaçant de plus en plus le front des activités agricoles des plateaux vers les milieux hydromorphes, comme les bas-fonds. De même, Igué *et al.* (2011) ont remarqué dans la forêt classée de Toui-Kilibo que le poids des cultures est monté à 11 % et celui des plantations à 3 %. Au cours de la période, le poids des savanes est passé de 18 % à 26 %. Les extensions de ces classes d'occupation du sol sont liées aux activités humaines et se sont opérées aux dépens des formations forestières dont les superficies se sont réduites respectivement de 32 % pour les forêts claires et savanes boisées, 30 % pour les forêts galeries et 10 % pour les forêts denses sèches.

La modélisation de la dynamique de l'occupation des terres sur la base d'une matrice de transition à Pobè, a permis d'appréhender les changements de catégorie au niveau des cellules d'occupation des terres entre 1986 et 2008. Malgré la tendance générale obtenue de la dynamique du paysage, il importe qu'une troisième date de prise de vue soit prise en compte entre 1986 et 2008 afin de mieux apprécier les transitions, car les changements révélés peuvent

ne pas être aussi linéaires. En ce qui concerne les projections faites à l'horizon 2024, la baisse des espaces de culture montre le renoncement de plus en plus des activités agricoles par une catégorie de la population notamment les jeunes au profit d'autres activités plus rémunératrices dans les centres villes comme Porto-Novo, Cotonou et même le Nigéria. Cette catégorie de la population trouve que les travaux champêtres sont difficiles et les terres s'appauvrissent de jour en jour dans un contexte d'inondation cyclique dans les champs. Par contre, on enregistrera une augmentation des forêts et des agglomérations (Printz *et al*, 2006) mais le risque d'inondation sera très élevé car les zones marécageuses s'élargiront de plus en plus. Ces résultats concrets de simulation adaptés au secteur local, attestent que le modèle peut être bien adapté pour envisager l'évolution future de la dynamique spatiale de l'occupation comme ce fût le cas au Bénin et dans d'autres pays tropicaux (Verburg & Veldkamp, 2003 ; Willemen, 2002 ; Soepboer, 2001 ; Printz *et al*, 2006 ; Mama, *et al*. 2006 ; Orékan, 2007, Hounton, 2011). S'il est vrai que les résultats de simulation indiquent spatialement la localisation des changements enregistrés au fil des ans, ils se limitent par leurs caractéristiques quelque peu automatiques (Orékan, 2007). C'est le cas par exemple de l'occupation du sol simulée pour 2024 qui montrent une répartition régulière des diverses classes d'occupation du sol. Ces résultats peuvent éloigner le non averti de la réalité de terrain. Cependant, ils permettent d'effectuer des projections de l'occupation du sol et de susciter des mesures en vue d'une meilleure gestion des ressources naturelles. Toutes ces tendances sont envisagées avec l'hypothèse que les facteurs potentiels et variables qui influenceront la dynamique du paysage garderont la même emprise que dans celle de la période de 1986 à 2008.

## CONCLUSION ET SUGGESTIONS

Les terres de la Commune de Pobè subissent depuis plus de deux décennies des mutations liées à une forte pression de l'homme. En effet, les populations à la conquête des terres fertiles et des espaces pour construire leur habitat, ont exercé sur les forêts une forte pression au point de les détruire totalement. L'étude de la dynamique de l'occupation des terres dans la Commune de Pobè a permis d'analyser les formes d'occupation enregistrées ces dernières années. L'analyse diachronique de l'espace à partir des images satellitaires (spot 1986 et 2008) a montré que de 1986 à 2008, l'espace naturel a disparu au détriment des espaces agricoles. Les forêts denses semi-décidues ont perdu 53% de leur superficie en vingt-quatre années. Par contre les classes "mosaïque de culture et jachère et la

mosaïque de culture et jachère sous palmier" ont gagné respectivement 11 % et 1 % de leur superficie totale. De même, les agglomérations ont considérablement évolué au cours de cette période. Des projections effectuées à partir du modèle de Markov ont montré une tendance évolutive pour les prochaines décennies. Ainsi, la superficie des forêts denses, des agglomérations, des formations marécageuses et des zones marécageuses va augmenter au cours des vingt-quatre prochaines années c'est-à-dire en 2032.

Pour une gestion efficace de l'espace, il est nécessaire de revoir les modes d'utilisation et d'occupation des terres. Ceci passe par une politique de gestion rationnelle des terres orientées vers l'amélioration du cadre de vie et la protection de l'environnement naturel et humain. Ainsi pour promouvoir l'utilisation durable des ressources, dans un contexte de développement global, il est indispensable, de disposer des outils fiables d'aide à la décision pour la gestion des dites ressources. Il convient donc de :

- définir les objectifs sociaux, urbanistiques et agricoles des terres;
- encourager l'élaboration des schémas directeurs de développement pour assurer une gestion intercommunale de l'espace.
- instituer un délai pendant lequel une révision du schéma directeur ou Plan d'occupation du sol serait possible;
- redéfinir le rôle des structures d'encadrement dans l'exploitation et l'occupation des terres agricoles.

### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AGBAHUNGBA G. & DEPOMMIER D. 1989. " Aspects du pare à karités-nérés (*Vitellaria paradoxa* Gaertn.f., *Parkia biglobosa* Jacqu. Benth) dans le sud du Borgou (Bénin) ". in Bois et Forêts des Tropiques, n°222, pp. 41-54.
- AKOEGNINO A. & AKPAGANA K. 1997. Étude cartographique et dynamique de la végétation de l'aire classée de la colline de Savalou (Bénin). *Journal botanique de la Société botanique de France*, n° 3, p. 69-81.
- BARIMA Y. S. S., EGNANKOU M. W., N'DOUME C. T. A., KOUAMÉ F. N. & BOGAERT J., 2010. Modélisation de la dynamique du paysage forestier dans la région de transition forêt-savane à l'est de la côte d'ivoire. *Revue Télédétection*, vol. 9, n° 2, p. 129-138.
- CHALIFOUX S., NASTEV M., LAMONTAGNE C., LATIFOVIC R. & FERNANDES R. 2005. La télédétection en hydrogéologie, vers un approche intégrée. Compte rendu du 12e Congrès de l'AQT 12 Chicoutimi, 10-12 mai 2005, Association québécoise de télédétection, Canada, Compte rendu numérique, 8 p.
- CODJIA C. L. & GNAGNA P. 1993. Dynamique des paysages des forêts classées de Toui et de Kilibo. Mémoire de maîtrise, Faculté des lettres, arts et sciences humaines, Université nationale du Bénin, Abomey-Calavi, 96 p.

- CONGALTON R. G. 1991. A review of assessing the a Printz of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, vol. 37, n°1, p. 35-46.
- CORGNE S. 2004. Modélisation prédictive de l'occupation des sols en contexte agricole intensif : application à la couverture hivernale des sols en Bretagne. Thèse de Doctorat en Géographie, Université de Rennes 2- Haute-Bretagne. 230 pages.
- DOBSON 1997. Hopes for the future: Restoration ecology and conservation biologie science. vol 277, P515-522.
- GOETZE D., HÖRSCH B. & POREMBSKI S. 2006. Dynamics of forest-savanna mosaics in north-eastern Ivory Coast from 1954 to 2002. *Journal of Biogeography*, vol 33, p. 653-664.
- HOUET T. 2008. Occupation du sol et gestion de l'eau : Modélisation prospective en paysage agricole fragmenté. Laboratoire GEODE UMR 5602 CNRS, pp. 59-64.
- HOUNTON C. 2011. Dynamique de l'occupation des terres dans la commune de Pobè et Essai de modélisation. Mémoire de Master of Science en Géoinformation appliquée à la gestion intégrée des eaux et des écosystèmes. Faculté des Sciences et Techniques Chaire Internationale en Physique Mathématique et Applications (CIPMA-Chaire UNESCO).Cotonou, BENIN. 54 p.
- IGUÉ A. M., WELLER U. & STAHR K. 1999. The SOTER database Benin. In *Farmers and Scientists in a changing environment: Assessing research in West Africa*. G. Renard, S. Krieg, P. Lawrence and M. von Oppen (Editors). Margraf Verlag, Weikersheim, Germany. 215-222. ISBN 3-8236-1318-9.
- IGUÉ A. M., FLOQUET A., STAHR K. 2005. Land use/ cover change and farming systems in central Benin. *Bulletin de la Recherche Agronomique*, N° 50, 23-37.
- IGUE A. M., HOUNDAGBA C. J., WOROU R., GAISER T., MENSAH G. A. & STAHR K. 2010. Aspect de la dynamique de l'occupation du sol et du projet d'aménagement participatif de la forêt classée de Toui-Kilibo au Bénin. *Rev. Sc. Env.* Université de Lomé (Togo). N 006: 113-134. ISSN 1812-1403.
- IGUÉ A. M. HOUNDAGBA C. J., GAISER T. & STAHR K. 2011. Accuracy of the Land Use/Cover classification in the Oueme Basin of Benin (West Africa). *International Journal of AgriScience*, Manuscript Number: 2011-254, ISSN: 2228-6322.
- INSAE 2002. Troisième Recensement Général de la Population et de l'Habitation. Quelques résultats. Institut national de la statistique et de l'analyse économique, Cotonou, 9 p.
- INSAE 2013. Quatrième Recensement Général de la Population et de l'Habitation. Quelques résultats. Institut national de la statistique et de l'analyse économique, Cotonou, 9 p.
- MBALA E. M. G. 2009 : Etude De La Dynamique Spatiotemporelle d'occupation des Terres de La Commune de Madjoari. Mémoire de Master D'ingénierie en Eau au 2iE/EPFL, Burkina-Faso, 75p.
- MAMA V. J. 2002. An integrated approach for land use/cover change analysis in a central region of Benin Republic. Thèse de doctorat, University of Lagos, Lagos (Nigeria), 221 p.
- MAMA V. J. & OLOUKOI J. 2006. Évaluation de la précision des traitements analogiques des images satellitaires dans l'étude de la dynamique de l'occupation du sol. *Revue Télédétection*, vol. 3, n° 5, p. 429-441.
- MULLER M. R. & MIDDLETON J. 1994. A Markov model of land-use change dynamics in the Niagara Region, Ontario, Canada. *Landscape Ecology*, vol. 9, no. 2, p. 151-157.
- OLOUKOI J., MAMA V. J. & AGBO F. B. 2006. Modélisation de la dynamique de l'occupation des terres dans le département des collines au Bénin. *Revue Télédétection*, 2006, vol. 6, n° 4, p. 305-323.

- OREKAN V. 2007. Implémentation du modèle local CLUE-s aux transformations spatiales dans le Centre Bénin aux moyens de données socio-économiques et de télédétection. Thèse de doctorat, Université de Born, 230 pages.
- PRINTZ A. & HANS-GEORG SCHWARZ V. R. 2006. Futures Challenges in GIS Modeling. Tropentag 2006, GIS, Modeling and Technologies. Stuttgart, Germany.  
<http://www.tropentag.org/2006/abstracts/full/125b.pdf>
- SOKPON N. 1995. Recherches écologiques sur la forêt dense semi-décidue de Pobè au Sud- Est du Bénin: groupements végétaux, structure, régénération naturelle et chute de litière. Thèse de Doctorat, Université de Bruxelles (Belgique), 350 p.
- SOEPBOER W. 2001. The Conversion of Land Use and its Effects at Small regional extent CLUE-S. An application for the Sibuyan Islan, The Philippines. Thesis Report, Wageningen, Wageningen University, Environmental Sciences : 45p.
- TOSSOU D. 2005. *Apport du système d'information géographique à la gestion des conflits fonciers dans la commune de Ouessè*. Mémoire de DEA, FLASH/UAC, 77p.
- TENTE B. 2000. Dynamique actuelle de l'occupation du sol dans le massif de l'Atacora: secteur Perma-Toucountouna. Mémoire de DEA, École doctorale pluridisciplinaire, Université nationale du Bénin, 83 p.
- VERBURG P. H. & VELDKAMP A. 2004. Projecting land use transitions at forest fringes in the Philippines at two spatial scales. In : *Landscape ecology*, 19 (2004)1 pp. 77-98.
- WILLEMEN L. 2002. *Modelling of land cover changes with CLUE-S in Bac Kan province, Vietnam*. Thesis Report, Wageningen University, The Netherlands, 70 p.
- WRIGHT J. S. 2005. Tropical forests in a changing environment). *Trends in Ecology and Evolution*, vol. 20, no 10, p. 553-560.