

# Scénario socio-économique et écologique des changements de l'occupation des terres au Bénin

Joseph Oloukoi

Volume 13, numéro 1, avril 2013

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/1026583ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

## Éditeur(s)

Université du Québec à Montréal  
Éditions en environnement VertigO

## ISSN

1492-8442 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

## Citer cet article

Oloukoi, J. (2013). Scénario socio-économique et écologique des changements de l'occupation des terres au Bénin. *VertigO*, 13(1).

## Résumé de l'article

Cette étude apprécie la dynamique de l'occupation des terres et son probable devenir dans un avenir moyen et lointain au Centre du Bénin. Elle se base sur une approche combinatoire qui intègre la télédétection spatiale, les systèmes d'information géographique et les automates cellulaires. Des images Landsat TM de 1986, ETM de 2000 et NigeriaSat1 de 2006 ont été utilisées pour l'extraction des informations sur l'occupation du sol. Ces informations ont été traitées et converties sous format ASCII dans ArcGIS, puis récupérées dans le modèle des automates cellulaires SPACELLE où des projections ont été faites aux horizons 2025 et 2034, suivant deux scénarios qui pourraient se produire sous des conditions socio-économiques définies. La détection des changements indique une tendance progressive des champs et jachères, les savanes arborées et arbustives entre 1986 et 2006. Quant à la forêt dense et la forêt-galerie, elles présentent une tendance régressive au niveau des quatre unités paysagiques sélectionnées. Le scénario socio-économique révèle que les formations végétales vont quasiment disparaître au profit des champs et jachères et des agglomérations en 2016, 2025, tendance qui va se consolider davantage en 2034. Le scénario écologique a tourné à un scénario de stabilité environnementale, se traduisant par une dynamique relative, mais qui préservera les ressources surtout les formations végétales, car leur degré de dégradation ne sera pas aussi élevé.



Joseph Oloukoi

# Scénario socio-économique et écologique des changements de l'occupation des terres au Bénin

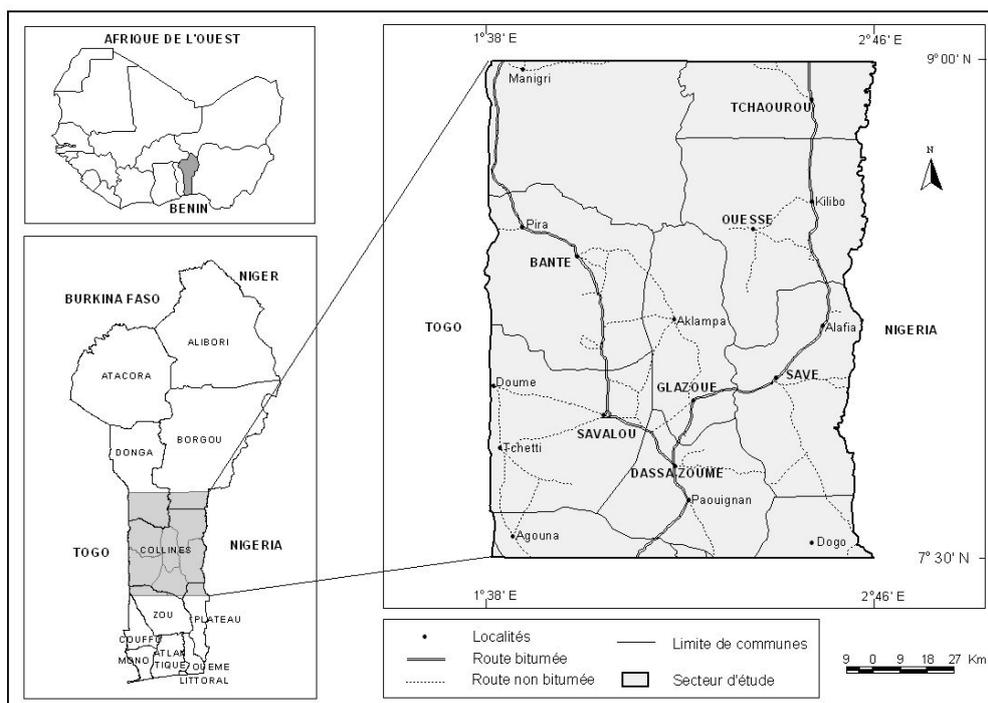
## Introduction

- 1 Les dix dernières années ont connu des avancées probantes dans l'habileté de la communauté scientifique à simuler les interactions entre les composantes du système terrestre. Un important facteur dans la compréhension des changements globaux et le rôle des déterminants humains et de l'interaction humaine du système naturel est démontré par les changements dans l'occupation des terres (Hibbarda *et al.*, 2010). Ce processus anthropogénique a affecté plusieurs parties du système terrestre, de la biodiversité globale et de la durabilité des terres (Mustard *et al.*, 2004, Lambin et Geist, 2002). Considérant ce fait, et compte tenu du rôle de la terre dans la provision des biens et services environnementaux, le degré d'attention sur la dynamique de l'occupation des terres s'accroît de plus en plus. Plusieurs rapports d'étude sur des analyses intégrées, ont incorporé le climat global, la télédétection et des observations (Lawrence *et al.*, 2010 ; Kvalevag *et al.*, 2009, IPCC, 2007), alors que d'autres ont focalisé l'attention sur des observations et analyses purement statistiques, pour évaluer les impacts régionaux de la dynamique de l'occupation et de l'utilisation des terres avec des processus climatiques ou biophysiques, et hydrologiques (Sertel *et al.*, 2009 ; Costa *et al.*, 2009 ; Mishra *et al.*, 2010 ; Takahashi *et al.*, 2010 ; Xiao *et al.*, 2009). Si la plupart des recherches sur la dynamique de l'occupation et de l'utilisation des terres ont pu conclure à une régression des formations végétales au profit des formations anthropiques et naturelles (Shiferaw, 2011), notamment les espaces agricoles, il importe toutefois de retenir que très peu de travaux ont orienté les analyses vers les scénarios prospectifs de la dynamique de l'occupation des terres au Centre du Bénin, malgré les outils modernes de modélisation.
- 2 La modélisation est un mode d'approche analytique privilégié en géographie, depuis la fin du 19<sup>e</sup> siècle avec les travaux de Weber et Von Thünen. Cette démarche s'inscrit dans l'émergence d'un paradigme géographique qui se développe à partir des années 1930. Il s'agit de l'analyse spatiale. Elle est un outil important dans l'étude de la dynamique de l'occupation du sol à cause de sa capacité à permettre des scénarios et à intégrer les évaluations statistiques et les éléments explicatifs des changements qui s'opèrent (Lambin *et al.*, 1999). Lambin (1997) signale que les modèles dans les études sur la couverture et l'utilisation du sol peuvent aider les scientifiques à générer des hypothèses ou dans d'autres cas à répondre à trois interrogations fondamentales :
  - quelles sont les variables biophysiques et socio-économiques qui expliquent les changements intervenant dans l'occupation du sol ?
  - quels sont les sites affectés par les changements constatés ?
  - à quels taux évoluent les changements qui interviennent dans l'occupation du sol ?
- 3 Plusieurs approches de modélisation de la dynamique de l'occupation du sol ont été développées ces dernières années. Selon Verburg (2000), les modèles sur la dynamique de l'occupation du sol nécessitent des informations sur la relation entre l'occupation du sol, les facteurs socio-économiques et biophysiques. Les techniques de modélisation diffèrent, en fonction des objectifs de l'étude et du cadre. Certains modèles sont développés pour simuler et explorer l'utilisation actuelle du sol alors que d'autres s'intéressent aux changements possibles dans le futur (Lambin, 1994).
- 4 Au Bénin, la modélisation de la dynamique de l'occupation du sol reste un aspect très peu abordé dans la plupart des études, particulièrement au centre du pays. De nouveaux travaux l'abordent timidement. C'est le cas de Mama et Oloukoi (2010) qui dans une approche intégrée de l'étude de la dynamique de l'occupation du sol dans certains secteurs du nord

du Département des Collines, ont utilisé les modèles de régression multiple et la chaîne de Markov pour faire des projections et simulations sur l'occupation du sol.

- 5 Orekan (2007) a implémenté un modèle de la dynamique de l'utilisation du sol à l'échelle locale, le modèle CLUE-s (*Conversion of Land use and its effects*), en utilisant les données socio-économiques combinées aux données de télédétection, dans le bassin de l'Ouémé supérieur. Les potentialités de ce modèle à prédire les dynamiques spatiales à l'échelle locale ont été mises en exergue. L'auteur a par ailleurs spécifié que les résultats issus de la validation de ce modèle peuvent être valorisés dans la mise en place d'un système d'aide à la décision en vue d'une gestion durable des plans d'aménagement.
- 6 La présente étude est conduite au Centre du Bénin composé dans sa grande partie de l'actuel Département des Collines, d'une partie des Départements du Borgou, du Zou, du Plateau et du Couffo, et est se situe entre 1°38' et 2°46' de longitude Est d'une part et entre 7°30' et 9°00' de latitude Nord d'autre part (figure 1). L'étude vise à analyser l'évolution de la dynamique de l'occupation des terres et son devenir dans un avenir moyen et lointain en mettant en place deux scénarios possibles aux horizons 2025 et 2034. Elle évoque les facteurs susceptibles d'influencer les tendances de ces deux scénarios, sous forme de conditions et d'hypothèses de changement, et se base sur une approche combinatoire qui intègre la télédétection spatiale, les systèmes d'information géographique et les automates cellulaires.

**Figure 1. Secteur d'étude : Centre du Bénin / Study area : Centre of Benin**



## Approche méthodologique

### Analyse des données utilisées

- 7 Des images satellitaires sur une période de trois années sont acquises pour l'étude de la dynamique de l'occupation des terres. Il s'agit des données de Landsat TM (Thematic Mapper) de 1986, des données de Landsat ETM+ (Enhance Thematic Mapper) de 2000 et enfin de NigeriaSat1, de novembre 2006. Les données Landsat ont été obtenues par téléchargement à partir du site web de l'Université de Maryland concernant le projet *Global Land Cover Facility (GLCF)*. L'image de NigeriaSat provient du capteur Standard DMC (Disaster Management Constellation) et a été mise à notre disposition par la NASRDA (*National Space Research & Development Agency*) qui est l'Agence Nationale Spatiale pour la Recherche et le Développement du Nigeria.
- 8 Ces images ont été traitées et puis classifiées afin d'extraire des informations sur l'occupation des terres. Après le processus de la classification des images, l'analyse de la dynamique

de l'occupation des terres s'est basée sur l'approche de détection des changements afin de comparer les différentes classes d'occupation des terres de 1986 à 2000 et de 2000 à 2006. La détection des changements a donc combiné les méthodes de l'interprétation visuelle et des classifications supervisées, aux approches SIG. Ainsi, les changements de l'occupation des terres ont été appréciés sur la base du taux des changements d'occupation des terres. Il s'agit du taux moyen annuel d'expansion spatiale. La formule utilisée est celle qui a été proposée par Puyravaud (2003) et utilisée par Oloukoï et *al.* (2007) dans une étude de modélisation de la dynamique de l'occupation des terres au sud du Département des Collines au Bénin, et Schulz et *al.* (2010) dans une étude de la dynamique de l'occupation du sol au centre du Chili. La variable considérée ici est la superficie ( $S$ ) de chaque unité d'occupation des terres. Les superficies ont été générées directement dans l'environnement de ArcGIS 9.2 grâce aux fonctions d'analyse spatiale. Ainsi, pour  $S_1$  et  $S_2$ , correspondant respectivement à la superficie d'une catégorie d'occupation des terres en année  $t_1$  et en année  $t_2$ , le taux d'expansion spatiale moyen annuel  $T$ , est évalué à partir de la formule suivante :

$$T = \left( \frac{1}{t_2 - t_1} \right) \times \ln \left( \frac{S_2}{S_1} \right)$$

Avec  $t$  le nombre d'années d'évolution ;  $\ln$  le logarithme népérien.

## Description du Processus des scénarios utilisé

- 9 Dans le but de faire des projections de la dynamique de l'occupation des terres dans le futur, des scénarios basés sur le modèle des automates cellulaires ont été réalisés. Les automates cellulaires sont des outils informatiques de modélisation de type « individu-centré » pour lesquels on considère l'inscription des comportements des individus des entités spatiales élémentaires appelées « cellules » (Corgne, 2004). L'espace est représenté par une grille de cellules structurées sur laquelle des règles d'évolution sont définies selon le principe de l'auto corrélation spatiale et temporelle. Ainsi, l'état d'une cellule qui peut correspondre par exemple à la savane arborée et arbustive au temps  $T + 1$  dépendra de l'état de cette cellule et de son voisinage au temps  $T$ . Le modèle des automates cellulaires utilisé dans cette étude est le modèle *Spacelle*. Le principe du modèle *Spacelle* est adapté au traitement de l'évolution du paysage et aux simulations environnementales (Langlois et *al.*, 2002 ; Dubos-Paillard, 2000 ; Dubos-Paillard et *al.*, 2004 ; Langlois, 2001).

## Utilisation de SPACELLE

- 10 *Spacelle* est un « Système de production d'Automate Cellulaire Environnemental ». L'espace du modèle est bidimensionnel, le domaine d'étude est initialement rectangulaire et découpé en un certain nombre de *cellules* de forme carrée ou hexagonale selon le choix de l'utilisateur. L'utilisateur définit les états et leur nombre. Un *état* est une valeur descriptive, un attribut ou une caractéristique de l'espace de la cellule, par exemple un type d'occupation des terres. Dans l'étude des automates cellulaires utilisant *Spacelle*, une cellule possède à chaque instant, au plus un état, sinon elle est *vide* et ne fait pas partie du domaine ou de l'espace d'étude. Les cellules (non vides) sont regroupées en *classes*. Une classe  $C(s)$  est l'ensemble des cellules de même état  $s$ . Par exemple une cellule de type forêt dense sera regroupée dans la classe d'occupation des terres, forêt dense. Une cellule munie de son état  $s$  sera aussi appelée *individu* appartenant à la classe  $C(s)$ . Ainsi chaque cellule a une durée de vie ou espérance de vie et possède de ce fait un état de vie et de mort. Compris sous cet angle, il est possible de calculer le taux d'extinction d'un ensemble d'individus ou de cellules appartenant à la même classe, entre deux dates. Chaque individu  $i$  de l'espace d'étude naît, vit et meurt. Il est caractérisé par sa localisation  $pi$  et son état  $si$  qui sont constants durant toute sa vie. Un individu a un âge  $ai = t - ti$ , où  $ti$  est l'instant de sa naissance et  $t$  le temps. Il est aussi doté d'une *force vitale*  $fi$  qui est fonction de son âge  $ai$ . Cette force est maximale à sa naissance et diminue avec l'âge jusqu'à sa mort naturelle. La *force vitale* de l'individu lui permet de conserver son état en « résistant » aux forces et pressions environnementales. Lorsque la *force vitale* ( $fi$ ) d'une cellule est épuisée ( $fi \leq 0$ ), celle-ci prend l'état de mort défini pour sa classe. Néanmoins,

chaque individu peut mourir prématurément lorsque sa *force vitale* devient plus faible que les pressions environnementales qui agissent sur lui. Un nouvel individu se développe alors à sa place. En matière de dynamique de l'occupation des terres, lorsqu'une cellule ou un individu de type savane arborée et arbustive disparaît, elle peut par exemple céder sa place à une autre cellule de type champs et jachères.

- 11 Pour chaque classe, son état de vie, sa durée de vie et sa mort sont définis à travers une donnée particulière, exprimée par l'utilisateur, appelée *règle de vie* et composée de trois termes selon la forme syntaxique suivante :  $s > s' = D$  où  $D$  peut prendre l'une des trois formes syntaxiques suivantes : DI pour une durée de vie infinie, DF( $n$ ) pour une durée de vie fixe de  $n$  unités de temps et DA ( $m, s$ ) pour une durée aléatoire selon une loi de Laplace-Gauss, d'espérance de vie  $m$  qui est en réalité une moyenne des durées de vie des cellules de même état, et d'écart type  $s$ .
- 12 Spacelle utilise un système de spatialisation qui offre plusieurs options de topologie. La spatialisation des cellules autour de la cellule centrale peut être faite selon une topologie à quatre voisins, appelée voisinage de von Neumann, ou une topologie à huit voisins, appelée le voisinage de Moore. Dans le cadre de cette étude, nous avons opté pour le voisinage de Moore qui est plus large que celui de von Neumann. Aux cellules des quatre points cardinaux (*Nord, Est, Sud, Ouest*), la règle de Moore ajoute les cellules intermédiaires que sont celles du *Nord-Est, Sud-Est, sud-ouest* et du *Nord-Ouest*. L'intérêt de ce voisinage dans la dynamique de l'occupation des terres réside dans le fait qu'il prend en compte toutes les directions surtout lorsqu'il n'y a aucun obstacle.

## Scénarios de projection de la dynamique de l'occupation des terres au Centre du Bénin

- 13 Les scénarios développés dans le cadre de cette étude reposent sur des hypothèses de base qui sont inspirées des études de perspectives à long terme au Bénin. Il s'agit du scénario socio-économique et du scénario écologique.

### Hypothèses de base du scénario socio-économique ou 'tendance vers la catastrophe'

- 14 Ce scénario est basé sur les considérations socio-économiques dans lesquelles s'est opérée la dynamique de l'occupation des terres jusqu'en 2006. Ainsi les hypothèses suivantes ont été considérées :
- le caractère extensif de la production agricole fait appel à l'utilisation de méthodes nocives à l'environnement (culture sur brûlis, déboisements incontrôlés, réduction de la durée des jachères, monoculture prédominante sur l'assolement en général, etc.) et dégrade sans cesse les écosystèmes en général et les sols en particulier (MECCAGPDPE-PNUD, 2000) ;
  - la population est dépendante des ressources naturelles qui constituent la principale source d'énergie ;
  - le taux de la dynamique de l'occupation des terres est demeuré le même que celui de la période allant de 1986 à 2006.

- 15 Les considérations de base de ce scénario socio-économique contribuent à la réduction de la durée de vie des formations végétales, car ces dernières subiront des pressions anthropiques occasionnant leur dégradation.

### Hypothèses de base du scénario écologique ou 'stabilité environnementale'

- 16 Le scénario écologique, socle de la prédiction du devenir des formations végétales éclaire sur la façon dont les forêts pourront assurer leurs fonctions de conservation et de protection des écosystèmes et du patrimoine biogénétique. Il y a donc lieu de s'interroger sur le devenir des unités de l'occupation des terres, notamment les formations végétales, en vue de proposer des mesures qui pérennisent leur rôle de maintenance et de régulation biologiques. Les hypothèses suivantes ont été considérées :

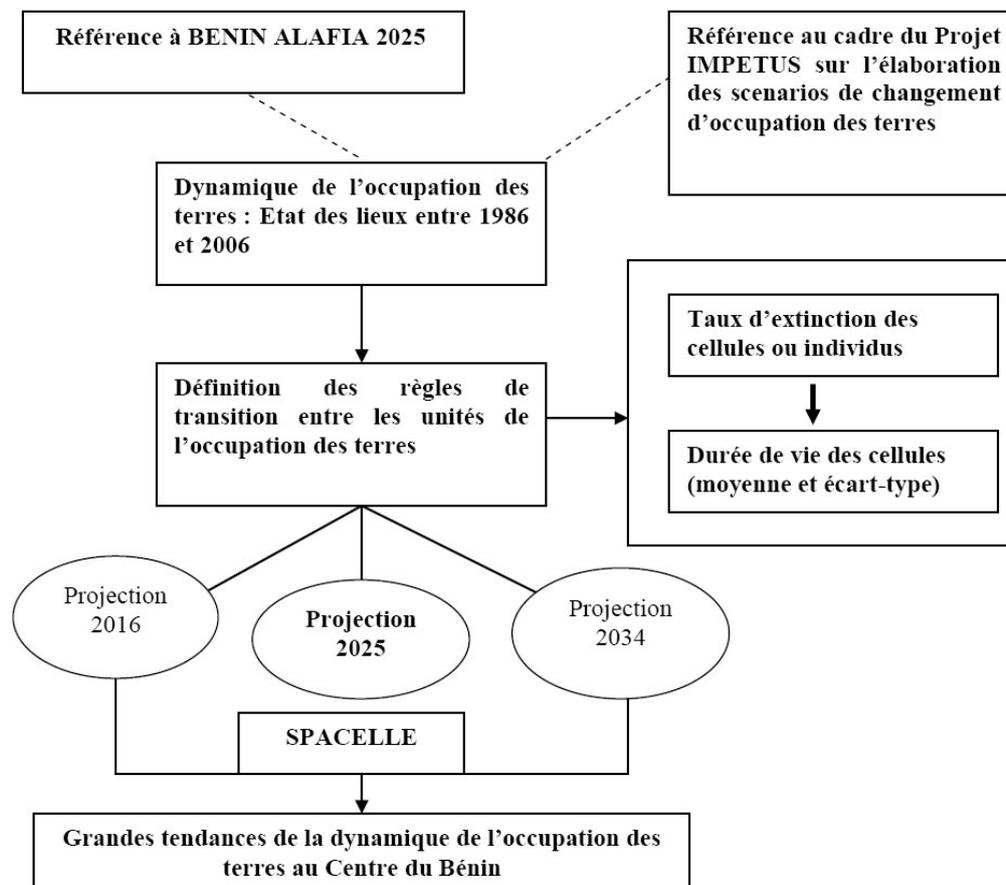
- la situation économique des populations s'est améliorée et le taux de croissance économique au niveau national est de 12,4 % tel que prévu dans le scénario Alafia 2025 (FOSA-Bénin, 2001) ;
- l'agriculture est mécanisée et les techniques d'intensification agricole sont adoptées par les producteurs ;
- le taux de disparition de la forêt est réduit de 100 000 ha /an à 50 000 ha/an et aussi le taux de la dynamique de l'occupation des terres est réduit de moitié par rapport au taux obtenu entre 1986 et 2006 ;
- la part du bois dans la satisfaction des besoins en énergie domestique des populations est réduite de 50 % au profit d'autres sources d'énergie telles que le gaz domestique.

17 Les considérations de base du scénario écologique vont contribuer à l'augmentation de la durée de vie des formations végétales, car les pressions anthropiques sur ces dernières seront réduites.

## Mise en application des scénarios

18 Il s'agit des scénarios prédictifs basés sur les tendances et la probabilité de changement des paramètres de l'occupation des terres selon une période de temps donnée. Ces scénarios se réfèrent aussi au cadre général du projet IMPETUS dont l'objectif principal est d'étudier les impacts des changements dans l'occupation et l'utilisation des terres sur le système hydrologique du bassin de l'Ouémé Supérieur (<http://www.impetus.uni-koeln.de> ; Orekan, 2007). Le cadre conceptuel des scénarios développés, est exécuté dans l'environnement du modèle Spacelle (figure 2).

**Figure 2. Cadre conceptuel des Scénarios socio-économique et écologique de projection de la dynamique de l'occupation des terres / Conceptual framework of socio-economic and ecological scenarios of the projection of land cover dynamic**



19 Les durées de vie sont des transitions d'état liées au temps. Elles sont associées en général à des transitions liées à l'espace (l'environnement des cellules). En ce qui concerne les durées de vies gaussiennes, associées à des transitions de la forme  $A > B = DA(moy ; \acute{e}ct)$ , leur

fonctionnement est le suivant : pour chaque cellule ayant l'état A, le système tire au hasard une durée de vie (maximale) selon la loi de Gauss de moyenne "moy" et d'écart-type "ect". Pour fixer moy et ect, on peut se référer à des statistiques existantes, mais elles sont très rarement disponibles. De plus, ces durées de vie ne tiennent pas compte de l'environnement, mais seulement de la force de vie interne des cellules concernées. En effet, une cellule peut changer d'état bien avant d'avoir atteint sa durée de vie maximale, si elle est soumise à des influences environnementales. Ainsi, toutes les règles présentes ont été prises en compte en faisant des tests de simulation et en comparant les probabilités de transition simulées avec les probabilités observées. La durée de vie (D) des cellules a été calculée suivant la formule de calcul de l'espérance de vie des espèces en écologie, en tenant compte du taux d'extinction  $t$  de chaque classe d'occupation des terres impliquée dans le scénario. Ainsi, la durée de vie est l'inverse du taux d'extinction de chaque classe composée de cellules,  $D = 1/t$ .

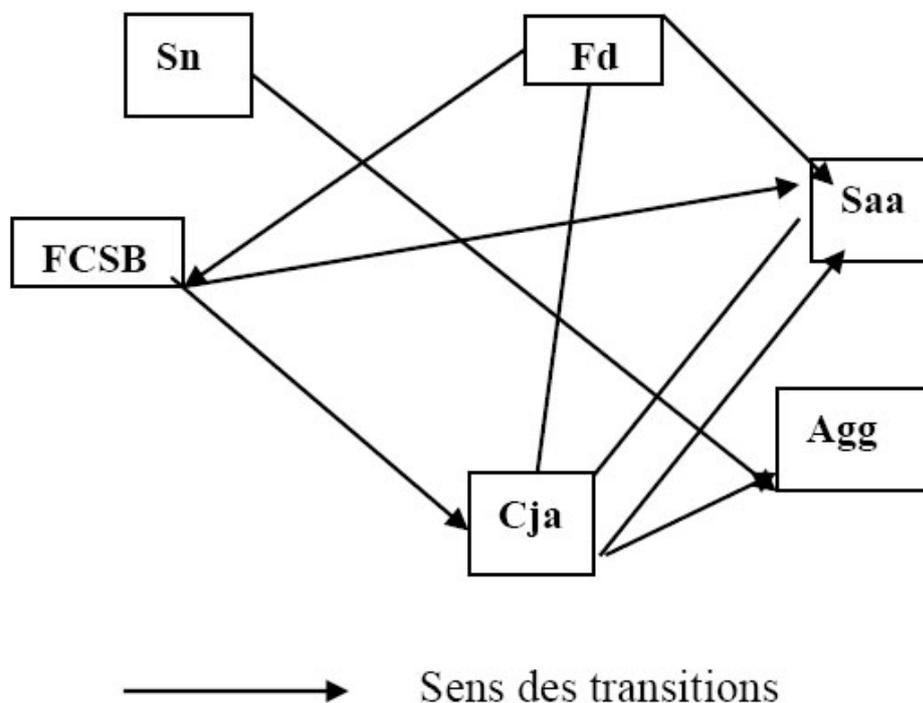
Soit  $N_1$  le nombre de cellules d'une classe d'occupation des terres en une année  $T_0$ ,  $N_2$  le nombre de cellules à une autre année  $T_1$ . Le taux d'extinction  $t$  est calculé par la formule

$$t = \left( \frac{N_1 - N_2}{T_1 - T_0} \right) / N_1$$

20 Ce taux d'extinction est exprimé en cellule/cellule/an. Ainsi, la durée de vie D devient : et elle a été calculée pour chaque classe d'occupation des terres entre 1986 et 2000, entre 2000 et 2006 et entre 1986 et 2006. Par la suite, la moyenne de la durée de vie de chaque classe a été déterminée de même que l'écart-type.

21 Sur la base des règles de transitions majeures entre les unités d'occupation des terres (figure 3), un scénario est mis en place en tenant compte de la vie ou de la mort de chaque cellule.

**Figure 3. Synthèse des transitions majeures possibles pour la transformation des unités de l'occupation des terres / Synthesis of the major possible transitions of land cover units**



Légende : Cja : Champs et Jachères ; Sn : Sols nus et Roches exposées ; Fd : Forêt dense ; Fcsb : Forêt claire et Savane boisée ; Saa : Savane arborée et arbustive ; Fg : Forêts galeries ; Agg : Agglomération.

22 Le scénario mis en place se présente comme suit :

23 Fd>FCSB =DA(moy1 ;éct1)

FCSB>Saa =DA(moy3 ;éct3)

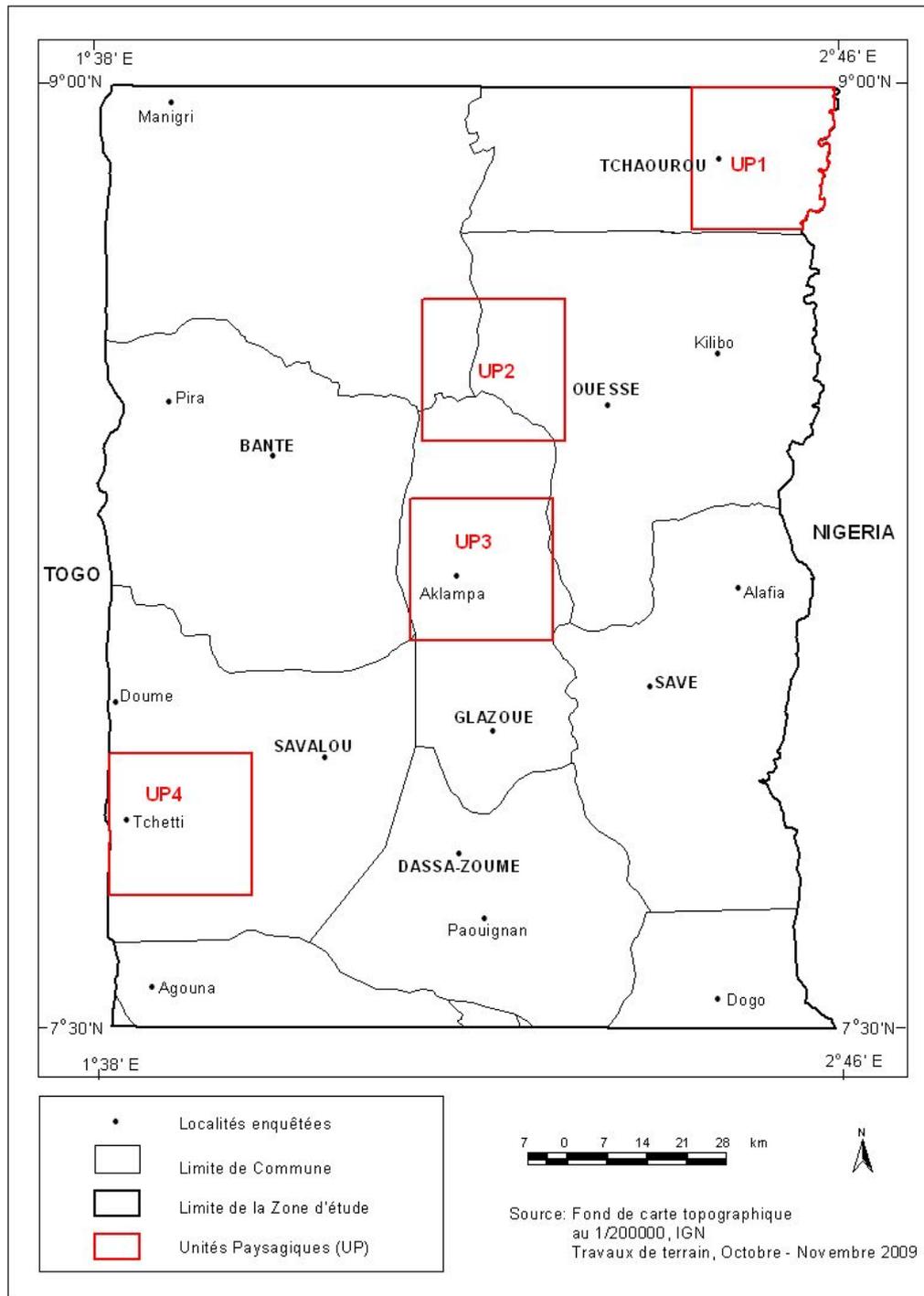
Saa>Cja =DA(moy4 ;éct4)

Cja>Agg =DA(moy5 ;éct5)

24 Ce scénario écrit est la définition des durées de vie de chaque cellule de l'occupation des terres et se lit de la manière suivante :

- la forêt dense (Fd) présente une espérance de vie moy1 (Durée de vie aléatoire : DA) avec un écart-type ect1 avant de se transformer en forêt claire et savane boisée (FCSB).
- la forêt claire et savane boisée (Fd) présente une espérance de vie moy3 avec un écart-type ect3 avant de se transformer en savane arborée et arbustive (Saa)
- la savane arborée et arbustive (Saa) présente une espérance de vie moy4 avec un écart-type ect4 avant de se transformer en champs et jachères (Cja)
- les champs et jachères (Cja) présentent une durée de vie aléatoire moy5 avec un écart-type ect5 avant de se transformer en agglomération (Agg)

25 Sur la base de ces règles de vie et de mort des cellules et des forces d'interaction existantes entre elles, le comportement de chaque cellule d'unité d'occupation des terres a été prédit dans quatre unités paysagiques (UP) (figure 4) aux horizons 2016, 2025 et 2034 utilisant les logiciels *Spacelle* et ArcGIS.

**Figure 4. Localisation des unités paysagiques (UP)/ Location of landscape units**

- 26 Les unités paysagiques (UP) ont été choisies suivant le transect SW – NE et représentent chacune des types dominants de formations végétales. L'UP1 est dominée par la forêt dense et par la forêt claire et savane boisée en 1986 et en 2000, l'UP2 par la forêt-galerie et la forêt dense, l'UP3 par la forêt dense et l'UP4 par la savane arborée et arbustive.

## Résultats et analyse

### Évolution de l'occupation des terres entre 1986 et 2006

- 27 L'analyse de quatre unités paysagiques choisies dans le secteur d'étude au Nord Est, au centre et au Sud Ouest du centre du Bénin confirme et permet d'apprécier à une échelle plus réduite, les tendances de la dynamique de l'occupation des terres dans le Centre du Bénin. Au niveau de la première unité paysagique (UP1) située au Nord Est de la zone d'étude et dominée en

1986 par la forêt dense au sud, au centre et à l'ouest, il est observé une extension des champs et jachères et des forêts claires et savane boisée entre 1986 et 2000, un fragment de la forêt dense au centre pratiquement réduit à environ 3 % en 2006 (tableau 1).

**Tableau 1. Superficie et évolution des unités de l'occupation des terres dans l'unité paysagique 1/ Areas and evolution of land cover units in UP1**

	1986	2000	2006	Évolution ( %) 1986-2000	Évolution ( %) (2000-2006)
Agglomérations	0	262,98	79,46	0,45	-0,32
Champs et Jachères	10 605,48	26 511,65	22 406,45	27,41	-7,07
Forêt claire et Savane boisée	3899,63	20 216,15	18 059,03	28,11	-3,72
Forêt dense	25 450	2315,39	2009,43	-39,86	-0,53
Plan d'eau	33,40	58,29	11,91	0,04	-0,08
Savane arborée et arbustive	8897,81	7509,72	14 945,12	-2,39	12,81
Sols nus et Roches exposées	3570,88	639,81	40,04	-5,05	-1,03
Forêts galeries	5578,95	522,15	484,72	-8,71	-0,06

28 La deuxième unité paysagique (UP2) présente des forêts denses et des forêts-galeries en 1986. Ces formations végétales seront réduites de plus de 52 % pour la forêt dense et 26 % pour la galerie forestière au profit des champs et jachères et des forêts claires et savanes boisées en 2000 et puis largement en savane arborée et arbustive en 2006 (tableau 2).

**Tableau 2. Superficie et évolution des unités de l'occupation des terres dans l'unité paysagique 2 / Areas and evolution of land cover units in UP2**

	1986	2000	2006	Évolution ( %) 1986-2000	Évolution ( %) 2000-2006
Agglomérations	18,31	103,26	335,74	0,14	0,37
Champs et Jachères	0	27 957,48	22 776,20	44,73	-8,29
Forêt claire et Savane boisée	89,04	18 841,41	11 923,11	30	-11,07
Forêt dense	36 119,87	3074,74	1177,48	-52,87	-3,04
Plan d'eau	17,46	344,60	157,59	0,52	-0,30
Savane arborée et arbustive	8187,15	8041,42	24 864,30	-0,23	26,92
Sols nus et Roches exposées	246,69	2689,10	11,03	3,91	-4,28
Forêts galeries	17 821,47	1448	1254,56	-26,20	-0,31

29 La troisième unité paysagique (UP3) a suivi la même tendance que la deuxième avec une transformation des formations végétales denses en savanes arborées et arbustives, mais aussi l'apparition et l'extension des agglomérations et des champs et jachères ayant évolué respectivement de 0,97 % et de 18,47 % entre 2000 et 2006 (tableau 3).

**Tableau 3. Superficie et évolution des unités de l'occupation des terres dans l'unité paysagique 3 / Areas and evolution of land cover units in UP3**

	1986	2000	2006	Évolution ( %) 1986-2000	Évolution ( %) 2000-2006
Agglomérations	104,37	164,83	770,02	0,10	0,97
Champs et Jachères	16,41	18 460,57	30 006,63	29,51	18,47
Forêt claire et Savane boisée	0	9149,96	5081,01	14,64	-6,51
Forêt dense	50 618,86	5525,65	2,38	-72,15	-8,84
Plan d'eau	4,47	117,39	0	0,18	-0,19

Savane arborée et arbustive	5366,15	25 139,38	25 516,92	31,64	0,60
Sols nus et Roches exposées	2788,56	3312,61	68,30	0,84	-5,19
Forêts galeries	3601,18	629,60	1054,72	-4,75	0,68

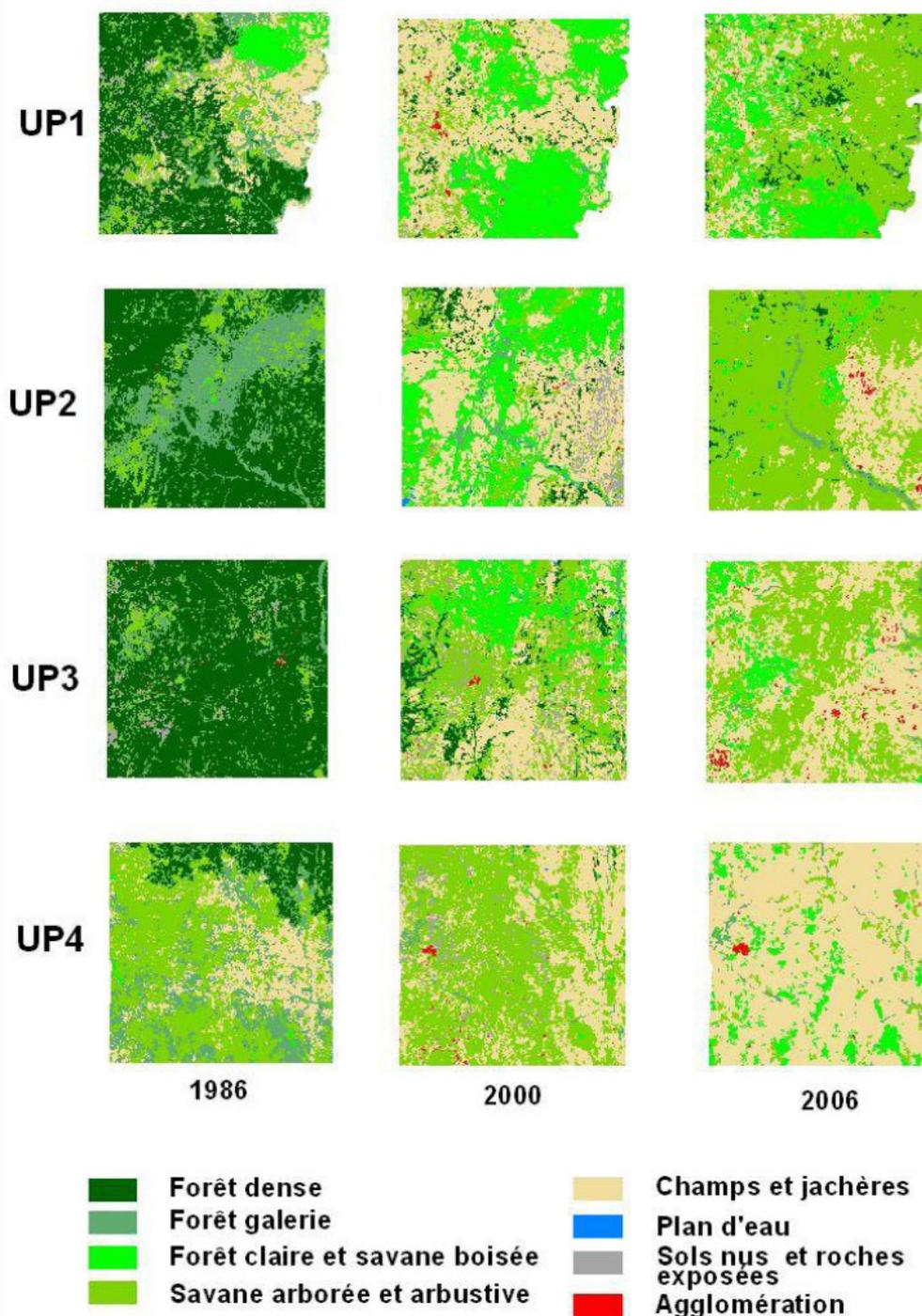
30 La quatrième unité (UP4) caractérisée en 1986 par un mélange de forêts claires et savanes boisées, de forêts denses à l'extrême nord, et par quelques forêts-galeries, a été réduite en champs et jachères à plus de 44 %, entrecoupés par quelques fragments de forêts claires et savanes boisées entre 2000 et 2006. Même pendant cette période, la pression a été mise sur la savane arborée et arbustive qui a connu une forte réduction de plus de 45 % (tableau 4).

**Tableau 4 : Superficie et évolution des unités de l'occupation des terres dans l'unité paysagique 4 / Areas and evolution of land cover units in UP4**

	1986	2000	2006	Évolution ( %) 1986-2000	Évolution ( %) 2000-2006
Agglomérations	0,00	372,79	222,02	0,60	-0,24
Champs et Jachères	12 592,13	21 350,43	49 313,39	14,04	44,83
Forêt claire et Savane boisée	356,02	372,83	3342,41	0,03	4,76
Forêt dense	6870,58	158,35	0,00	-10,76	-0,25
Plan d'eau	0	0	0,00	0	0,00
Savane arborée et arbustive	28 708,51	36 426,24	8051,91	12,38	-45,49
Sols nus et Roches exposées	116,69	2638,64	0,00	4,04	-4,23
Forêts galeries	13 744,23	1059,73	1449,29	-20,33	0,62

31 Au total, les unités qui ont connu des tendances progressives majeures sont les champs et jachères, les savanes arborées et arbustives. Les sols nus, les agglomérations ont évolué légèrement. Quant à la forêt dense et la forêt-galerie, elles présentent une tendance régressive dans les unités paysagiques sélectionnées (figure 5).

**Figure 5. Unités paysagiques (UP) montrant les processus de savanisation et d'anthropisation au Centre du Bénin / Landscape units showing the savanization and anthropisation processes**



### Projection de la dynamique de l'occupation des terres aux horizons 2016, 2025 et 2034

32 Sur la base des tendances observées et du scénario mis en place moyennant le modèle des automates cellulaires (le modèle Spacelle), des projections ont été faites sur les horizons 2016, 2025 et 2034 au niveau de chaque Unité Paysagique (UP).

### Durée de vie des unités de l'occupation des terres

33 Dans un premier temps, le nombre de cellules par unités d'occupation des terres a été évalué au niveau des champs et jachères, les forêts claires et savanes boisées, les savanes arborées et arbustives, les forêts denses et les forêts-galeries. Selon le principe des automates

cellulaires générées dans le modèle *Spacelle*, les cellules (ou individus) bougent dans le temps en changeant d'état ou en maintenant leur état initial selon les forces et les pressions environnantes responsables des transitions observées dans le secteur d'étude. Ainsi les forêts denses qui présentaient un nombre élevé de cellules en 1986, en ont perdu plus de 94 % en 2006. Quant aux champs et jachères et aux savanes arborées et arbustives, ils en ont gagné plus (tableau 5).

**Tableau 5. Evaluation du nombre de cellules ou d'individus par unités d'occupation des terres / Evaluation of the number of cells or individuals per land cover units**

Occupation des terres	Nombre de cellules ou d'individus / Unités d'occupation des terres		
	1986	2000	2006
Champs et Jachères	4 231 385	12 949 577	14 009 923
Forêts Claires/ Savanes boisées	382 019	9 065 077	5 227 904
Forêts denses	15 874 269	1 454 923	876 519
Savanes arborées et arbustives	7 341 288	12 390 788	17 253 538
Forêts galeries	9 391 173	1 027 673	844 538

34 En considérant l'évolution des cellules de 1986 à 2006, les taux d'extinctions de ces dernières ont été évalués. Ces taux ont permis de déterminer les durées de vie moyennes des cellules dans le Centre du Bénin (tableau 6). Ces durées de vie moyenne, de même que leur écart type a été intégré en valeur absolue dans le modèle en vue de projeter le comportement de chaque cellule dans le futur.

**Tableau 6. Taux d'extinction et durée de vie des cellules / Extinction rate and duration of life of cells**

Occupation des terres	Taux d'extinction (cellules/cellule/an)			Durée de vie (ans)				
	1986-2000	2000-2006	1986-2006	D1	D2	D3	Moyenne	Ecart type
Champs et Jachères	-0,15	-0,014	-0,12	6,8	73	8,65	30	1
Forêts Claires/ Savanes boisées	-1,62	0,071	-0,63	0,6	14,2	1,58	4	1
Forêts denses	0,065	0,066	0,047	15,4	15,1	21,17	17	4
Savanes arborées et arbustives	-0,05	-0,065	-0,07	20,3	15	14,8	17	4
Forêts galeries	0,064	0,03	0,046	15,72	33,7	21,98	24	4

Légende : D1 : Durée de vie entre 1986 et 2000 ; D2 : Durée de vie entre 2000 et 2006 ; D3 : Durée de vie entre 1986 et 2006

### Scénario socio-économique ou 'tendance vers la catastrophe'

35 Sur la base des hypothèses émises par rapport au scénario socio-économique, et considérant aussi les durées de vie des unités de l'occupation des terres ci-dessus déterminées, le processus de projection est écrit dans *Spacelle* comme suit :

36  $Fd > FCSB = DA(17 ; 4)$

$FCSB > Saa = DA(4 ; 1)$

$Saa > Cja = DA(17 ; 4)$

$Cja > Agg = DA(30 ; 1)$

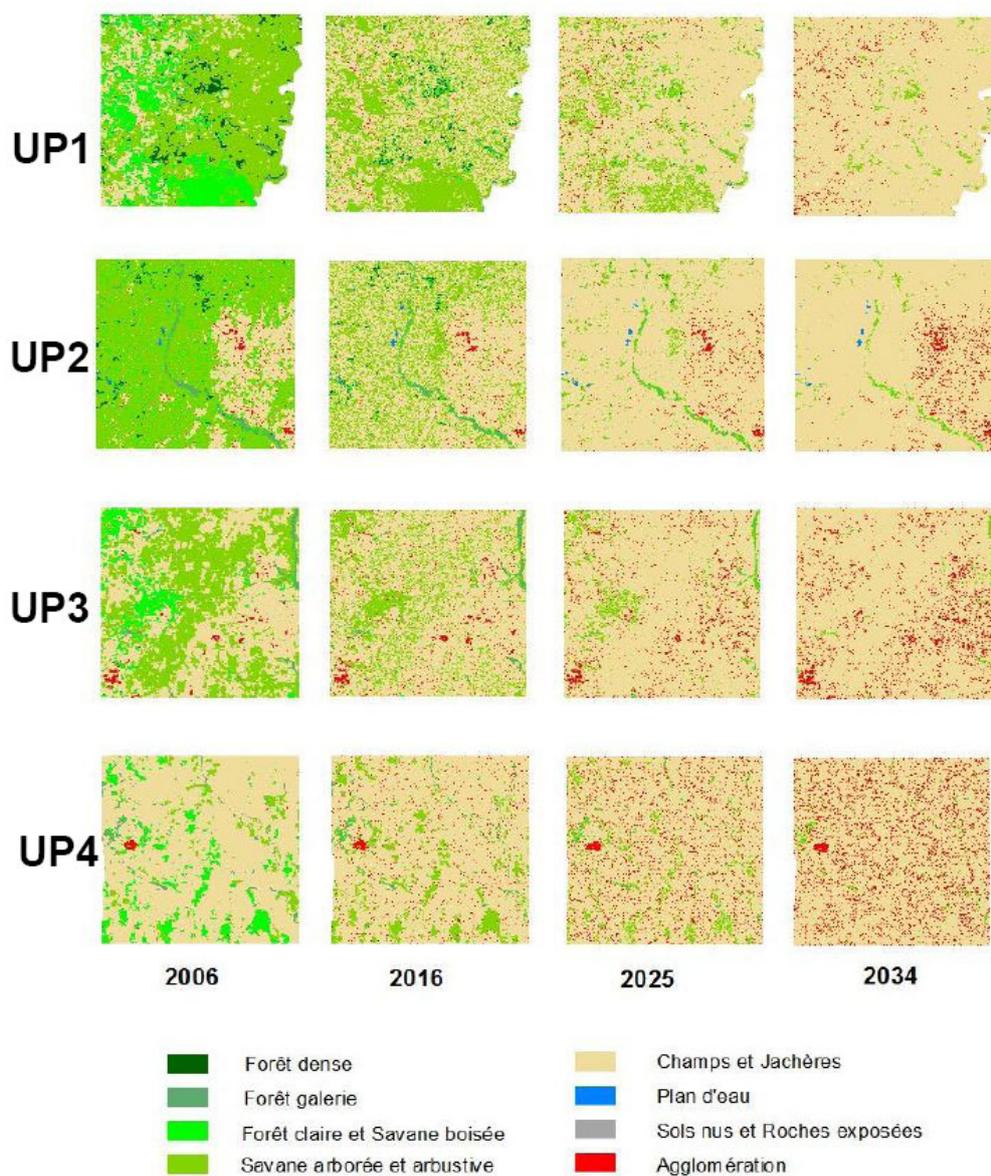
37 L'analyse de ce scénario de simulation de la dynamique de l'occupation des terres permet de faire les observations suivantes :

- les forêts denses présentent une espérance de vie de 17 ans avec un écart type de 4 ans avant de se transformer en forêt claire et savane boisée.

- Les forêts claires et savanes boisées présentent une espérance de vie moyenne de 4 ans avec un écart type de 1 an avant de se transformer en savane arborée et arbustive.
- Les savanes arborées et arbustives disposent d'une espérance de vie moyenne de 17 ans avec un écart type de 4 ans avant de se convertir en champs et jachères.
- Les champs et jachères présentent une espérance de vie moyenne de 30 ans avec un écart type de 1 an avant de se transformer en agglomérations.

38 La projection sur la base des simulations révèle que les formations végétales vont quasiment disparaître au profit des champs et jachères et des agglomérations (figure 6). En 2016, les champs et jachères vont s'étendre. En 2025, cette tendance va se consolider davantage, mais suivie d'une forte extension des agglomérations. Au cours de cette même année, l'extension des agglomérations diminuera progressivement au fur et à mesure que l'on évolue du Sud vers le Nord. En 2034, le phénomène d'anthropisation du milieu va davantage s'accroître aux dépens des formations végétales denses.

**Figure 6. Projection de la dynamique de l'occupation des terres aux horizons 2016, 2025 et 2034 selon le scénario 'tendance vers la catastrophe' / Projection of land cover dynamic towards 2016, 2025 and 2034 according to 'tendency to catastrophe' scenario**



39 Par exemple au niveau de l'UP1, la forêt dense qui occupait une proportion de 3,46 % en 2006 sera réduite à 0,23 % en 2025 et disparaîtra quasiment en 2034. Les forêts claires et savanes boisées vont passer de plus de 31 % en 2006 à 0,91 % en 2025 et à 0,11 % en 2034. Les savanes arborées et arbustives seront réduites de 25,75 % à environ 18,8 % en 2025 puis à

4,17 % en 2034. Parallèlement les agglomérations vont s'étendre de 0,14 % en 2006 à 2,91 % en 2025 puis à 4,34 % en 2034. De même les champs et jachères pourraient s'étendre de 38,61 à 76,82 % en 2025 et puis à plus de 90 % en 2034.

40 Au niveau de l'UP2, les forêts denses vont passer de 1,88 % en 2006 à 0,10 % en 2025 puis disparaître en 2025. Les forêts claires et savanes boisées seront réduites de 19,08 % à 0,72 % en 2025 puis à 0,18 % en 2034. Quant aux savanes arborées et arbustives, leurs emprises seront réduites de près de 40 % en 2006 à 7 % en 2025 et puis à 2,59 % en 2034. Au même moment, les agglomérations vont s'étendre respectivement de 0,54 % en 2006 à 3,59 % en 2025 puis à 5,32 % en 2034. Quant aux champs et jachères, ils vont s'étendre de 36,44 à 87,89 % en 2025 puis à près de 92 % en 2034.

41 L'UP3 sera caractérisée par une absence des forêts denses. Les champs et jachères vont s'étendre de plus de 48 % en 2006 à plus de 83 % en 2025 puis à 86,22 % en 2034. Les forêts claires et savanes boisées, les savanes arborées arbustives vont aussi connaître une régression considérable. Dans le même temps, les agglomérations pourraient s'étendre de 1,23 % en 2006 à 8,56 % en 2025 puis à plus de 12 % en 2034.

42 Les mêmes observations sont faites au niveau de l'UP4 où presque toutes les formations végétales seront réduites drastiquement voire disparaîtront pour certaines aux horizons 2025 et 2034. Mais ici, contrairement aux autres unités, les champs et jachères verront leur superficie se stabiliser autour de 79 % en 2025 et 2034. Les agglomérations pourraient s'étendre de 0,36 % en 2006 à 12,72 % en 2025 puis à 18,67 % en 2034 (tableau 7).

**Tableau 7. Projection de la proportion (en %) des unités de l'occupation des terres aux horizons 2016, 2025 et 2034 selon le scénario 'tendance vers la catastrophe' / Projection of land cover dynamic towards 2016, 2025 and 2034 according to 'tendency to catastrophe' scenario**

Unités d'occupation des terres	Unité paysagique 1				Unité paysagique 2			
	2006	2016	2025	2034	2006	2016	2025	2034
Agglomération	0,14	1,52	2,91	4,34	0,54	2,13	3,59	5,32
Champs et Jachères	38,61	49,95	76,82	91,28	36,44	61,80	87,89	91,59
Forêt claire et Savane boisée	31,12	1,57	0,91	0,11	19,08	0,97	0,72	0,18
Forêt dense	3,46	1,98	0,23	0,00	1,88	0,82	0,10	0,00
Saa	25,75	44,40	18,83	4,17	39,78	32,82	7,03	2,59
	Unité paysagique 3				Unité paysagique 4			
	2006	2016	2025	2034	2006	2016	2025	2034
Agglomération	1,23	5,04	8,56	12,13	0,36	6,55	12,72	18,67
Champs et Jachères	48,01	69,01	83,37	86,22	79,05	79,42	79,07	79,25
Forêt claire et Savane boisée	8,13	0,33	0,33	0,14	5,36	0,50	0,47	0,21
Savane arborée et arbustive	40,83	24,46	7,24	1,39	12,91	12,10	7,14	1,84

Légende :



Extension aux horizons 2025 et 2034

Forte régression ou même disparition aux horizons 2016, 2025 et 2034

43 L'implication des résultats de ce scénario développé est que dès à présent, il faudrait mettre en place une politique dynamique et volontaire de l'aménagement rationnel du territoire. Le pays doit s'engager dans une vaste campagne de reboisement ou de reforestation qui ne se limitera pas seulement aux forêts classées, mais s'étendra aussi dans les domaines ouverts et naturels.

## Scénario écologique ou stabilité environnementale

44 Les hypothèses émises par rapport au scénario écologique ont conduit à la réécriture du processus de simulation en revoyant la durée de vie des cellules. Ainsi, considérant que ces hypothèses priorisent la préservation et une gestion contrôlée des ressources environnementales, il est supposable que certaines unités de l'occupation des terres pourraient voir leur durée de vie doubler ou tripler. Le scénario développé en vue de projeter la dynamique de l'occupation des terres aux horizons 2025 et 2034 se présente comme suit :

45 Fd>FCSB =DA(51 ;12)

FCSB>Saa =DA(12 ;3)

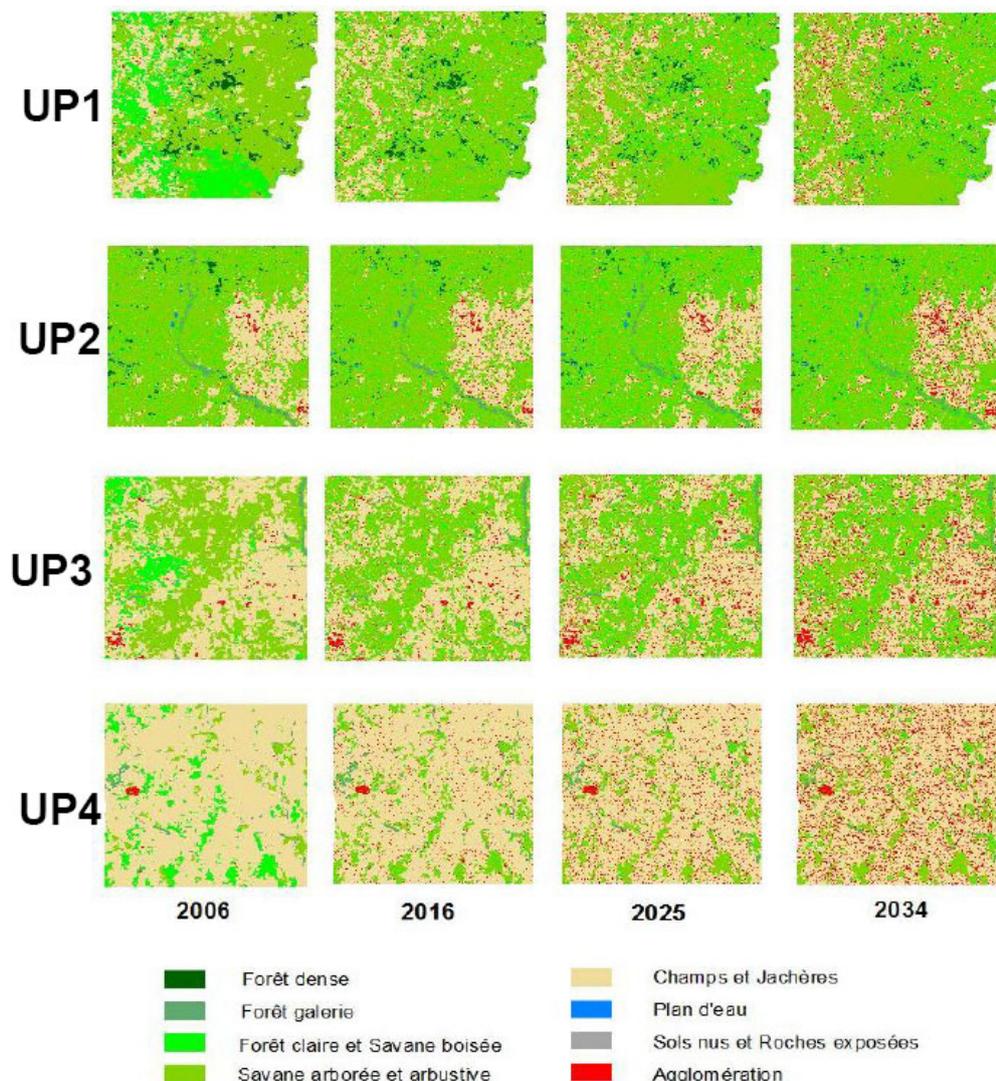
Saa>Cja =DA(48 ;12)

Cja>Agg =DA(90 ;3)

- L'analyse de ce scénario de simulation de la dynamique de l'occupation des terres permet de faire les observations suivantes :
- La forêt dense aura une espérance de vie de 51 ans et un écart type de 12 ans avant de se transformer en forêt claire ;
- De même, la forêt claire et savane boisée aura une durée de vie de 12 ans et un écart type de 3 ans avant de se transformer en savane arborée et arbustive ;
- La savane arborée et arbustive présente une espérance de vie de 48 ans et un écart type de 12 ans avant de se transformer en champs et jachères ;
- Les champs et jachères présentent une durée de vie de 90 ans et un écart type de 3 ans avant de se transformer en agglomération.

46 Présenté comme un scénario écologique visant une réduction des pressions sur les ressources végétales, ce scénario a tourné à un scénario de stabilité environnementale, car la plupart des unités d'occupation des terres, notamment les formations végétales, ont présenté un état de régression ou de progression très peu sensible (figure 7).

**Figure 7 : Projection de la dynamique de l'occupation des terres aux horizons 2016, 2025 et 2034 selon le scénario écologique ou 'stabilité environnementale' / Projection of land cover dynamic towards 2016, 2025 and 2034 according to 'environmental stability' scenario**



47 Au niveau de l'UP1, il est observé que la forêt dense, bien qu'en légère régression (passant de 3,46 % en 2006 à 2,81 % en 2025), pourrait être conservée jusqu'en 2034. La même observation est faite pour la forêt claire et les champs et jachères. Par contre, la savane arborée et arbustive connaîtra une progression entre 2006 et 2016, mais elle se stabiliserait à partir de 2016 autour des 60 %.

48 L'UP2 présente presque les mêmes caractéristiques que l'UP1 en termes d'évolution des unités. La seule différence se situe au niveau de forêts claires et savanes boisées dont la proportion va se stabiliser autour de 21 % entre 2025 et 2034.

49 L'UP3 sera caractérisée par une progression des agglomérations passant de 1,23 en 2006 à 8,61 % en 2025, une stabilisation des forêts claires et savanes boisées autour des 11 % à partir de 2025. Les savanes arborées et arbustives seront autour de 37 %.

50 L'UP4 présente la même tendance que l'UP1, car les agglomérations ont évolué (passant de 0,36 % en 2006 à 9,37 % en 2025). Les savanes arborées et arbustives ont connu aussi une légère extension allant d'environ 13 % en 2006 à près de 14 % en 2025. Quant aux champs et jachères, ils pourraient connaître une légère régression, passant de 79,05 % en 2006 à 70,15 % en 2025 et 66,92 % en 2034 (tableau 8).

**Tableau 8. Projection de la proportion (en %) des unités de l'occupation des terres aux horizons 2016, 2025 et 2034 selon le scénario 'écologique' ou 'stabilité environnementale' / Projection of land cover dynamic towards 2016, 2025 and 2034 according to 'environmental stability' scenario**

Unités d'occupation des terres	Unité paysagique 1				Unité paysagique 2			
	2006	2016	2025	2034	2006	2016	2025	2034
Agglomération	0,14	1,52	2,91	4,34	0,54	2,13	3,59	5,32
Champs et Jachères	38,61	49,95	76,82	91,28	36,44	61,80	87,89	91,59
Forêt claire et Savane boisée	31,12	1,57	0,91	0,11	19,08	0,97	0,72	0,18
Forêt dense	3,46	1,98	0,23	0,00	1,88	0,82	0,10	0,00
Saa	25,75	44,40	18,83	4,17	39,78	32,82	7,03	2,59
	Unité paysagique 3				Unité paysagique 4			
	2006	2016	2025	2034	2006	2016	2025	2034
Agglomération	1,23	5,04	8,56	12,13	0,36	6,55	12,72	18,67
Champs et Jachères	48,01	69,01	83,37	86,22	79,05	79,42	79,07	79,25
Forêt claire et Savane boisée	8,13	0,33	0,33	0,14	5,36	0,50	0,47	0,21
Savane arborée et arbustive	40,83	24,46	7,24	1,39	12,91	12,10	7,14	1,84

Légende :

	Extension aux horizons 2025 et 2034
	Forté régression ou même disparition aux horizons 2016, 2025 et 2034

- 51 D'après ce scénario de la stabilité, seulement les agglomérations progresseront au niveau des quatre unités paysagiques. Quant aux autres unités, il y aura une dynamique, mais elle conservera les ressources surtout les formations végétales, car leur degré de dégradation ne sera pas aussi élevé.

## Discussion

- 52 L'utilisation du modèle *Spacelle* et de son adaptation au milieu tropical soulève quelques questions de similarité environnementale. D'abord le modèle en lui-même est un modèle de simulation dynamique où la transition des cellules est basée sur l'état des cellules et de leur voisinage immédiat. Ainsi ce modèle dépend beaucoup plus des interactions locales entre les cellules que des facteurs qui influencent ces cellules ou automates. L'état d'un automate est d'abord conditionné par l'état de son voisinage. Les facteurs d'influence ou de changement de cet état peuvent venir en deuxième position. C'est justement pourquoi le modèle *Spacelle* originalement conçu dans le contexte français a été facilement tropicalisé et adapté dans cette étude. Il n'était pas calibré sur les facteurs, mais sur les relations de voisinage entre les cellules de base. Si ce modèle dépendait avant tout des facteurs socio-économiques par exemple, des questions relatives à la prise en compte des réalités socio-économiques des communautés allaient se poser quant à son utilisation dans le contexte béninois.
- 53 L'appellation de forêt dense dans cet article nécessite plus de précision. Il s'agit de forêts reliques, éparpillées en îlots çà et là à travers le secteur d'étude. Elle présente un degré de couverture du sol généralement supérieure à 50 % et qui présente de nos jours des signes de dégradation énormes.
- 54 Par ailleurs, l'utilisation du modèle *Spacelle* pour exécuter des scénarios a été utile pour la compréhension du fonctionnement de l'espace géographique sous un certain nombre d'hypothèses. Nonobstant cet avantage, il importe de relever que le scénario socio-économique

ou *tendance vers la catastrophe* n'a pas pu contrôler l'extension ou la création des agglomérations ; ce qui a donné l'impression d'une évolution très rapide de cette unité de l'occupation des terres.

55 La simulation de la dynamique future de l'occupation des terres dans cette étude participe de la nécessité de comprendre le fonctionnement de l'espace sous un certain nombre d'hypothèses. Selon Guermond (2005) la modélisation pour un chercheur vise à reproduire au mieux le fonctionnement d'un phénomène géographique, afin d'essayer d'utiliser ensuite le modèle pour tester des hypothèses. Le scénario socio-économique développé et ayant abouti à une projection future de la dynamique de l'occupation des terres sur la base des simulations par le modèle *Spacelle*, confirme en partie les résultats du scénario '*environmental damaged*' développé par Orekan (2007) dans la zone de l'Ouémé supérieur, au nord de notre zone d'étude. En effet, ce scénario prévoit uniquement une extension des espaces agricoles en 2025 sans faire cas des agglomérations. Par conséquent, les résultats du scénario socio-économique ou '*tendance vers la catastrophe*' complètent ceux existants par rapport au devenir des formations végétales, mais révèlent, qu'à côté des espaces agricoles qui vont s'étendre, les agglomérations vont aussi contribuer énormément au recul du couvert végétal par l'extension de celles existantes et la multiplication des campements et hameaux. Par exemple, Mama (2002) a prévu qu'à l'horizon 2025, les formations végétales dans les Communes de Savè, Ouèssè et Tchaourou passeront de 76 % en 1986 à 7 %. A l'inverse, les zones de cultures vont s'accroître de 24 % à 87 % pendant la même période d'observation. Ce scénario socio-économique est aussi semblable au scénario *tendanciel* développé par Lajoie et al. (2007) dans l'île de la Réunion moyennant les automates cellulaires. En effet, évoquant une tendance vers la catastrophe, ce scénario avait prévu une disparition totale de la savane d'ici 2030. Si les tendances évoquées par le scénario '*tendance vers la catastrophe*' sont maintenues, il est attendu que les prévisions faites dans le cadre des études de perspective à long terme, seront affectées. Ainsi, les implications suivantes sont envisagées :

56 les formations végétales ne pourront pas assurer pleinement leurs fonctions de conservation et de protection des écosystèmes et du patrimoine biogénétique tel que prévu dans les études de prospective du secteur forestier en Afrique (FOSA-Bénin, 2001)

57 les ressources forestières ne pourront pas répondre aux demandes en biens et services des populations, bouleversant le scénario économique qui veut que la contribution du secteur forestier soit élevée de 2,8 % en 2000 à 8 % en l'an 2020 au Bénin (FOSA – Bénin, 2001).

58 Le scénario écologique ou de la stabilité est plus préservateur de l'environnement et est comparable au scénario de la *densification* de Lajoie et al. (2007) qui prévoit une préservation des forêts et limite l'étalement urbain dans l'île de la Réunion à l'horizon 2030. Par ailleurs la désignation de la *stabilité* donnée à ce scénario dans cette étude mérite une autre considération, car l'environnement est par essence dynamique. Il faudrait plutôt comprendre un ralentissement extrême du rythme de dégradation des ressources tel que confirmé par l'évolution progressive ou régressive très peu sensible des unités de l'occupation des terres dans le cadre de ce scénario au Centre du Bénin.

## Conclusion

59 La présente étude est une contribution à l'analyse de la dynamique de l'occupation des terres au Centre du Bénin. Grâce à une approche intégrée combinant les techniques de la télédétection, des Systèmes d'Information Géographique (SIG), et les automates cellulaires, cette étude a proposé deux grands scénarios qui pourraient s'opérer au centre du Bénin sur la base des politiques socio-économiques ou écologiques conséquentes ou non.

60 Le modèle des automates (SPACELE) utilisé pour la prédiction des changements dans l'occupation des terres, a été tropicalisé, car appliqué dans une étude de la dynamique du paysage en milieu tropical. Les apports scientifiques réels pour parvenir à cette tropicalisation ont été :

61 l'intégration dans le modèle des types d'occupation des terres spécifiques au milieu tropical ;  
62 la considération des facteurs socio-économiques du milieu tropical ayant contribué à l'évolution de ces unités d'occupation des terres jusqu'en 2006 ;

- 63 le calcul de la durée de vie des cellules suivant l'approche de calcul de l'espérance de vie des espèces en écologie animale ou végétale, approche qui est largement utilisée par les chercheurs en milieu tropical.
- 64 Par ailleurs, il importe donc de comprendre les scénarios développés comme une virtualisation du fonctionnement de l'espace qui peut changer au fur et à mesure que des conditions socio-économiques évoluent. D'où la nécessité absolue d'une étude plus approfondie sur les facteurs ou déterminants de la dynamique de l'occupation des terres au Centre du Bénin, avec l'introduction de l'influence des axes de communication dans les scénarios.

## Remerciements

- 65 Nous tenons à remercier le Professeur Patrice Langlois de la Faculté des Lettres et Sciences Humaines de l'Université de Rouen en France, pour ses prompts directives dans l'utilisation du modèle des automates cellulaires 'Spacelle'. Dans le même ordre d'idées, nous voudrions témoigner notre reconnaissance à l'Agence Nationale Spatiale pour la Recherche et le Développement du Nigeria (NARSDA), qui a mis à notre disposition l'image du satellite NigeriaSat1.

---

## Bibliographie

- 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 de l'Université de Rennes 2- Haute-Bretagne, France, 230 p
- Costa M. H. et G.F. Pires, 2009, Effects of Amazon and Central Brazil deforestation scenarios on the duration of the dry season in the arc of deforestation. *International Journal of Climatology*, 30, 13, pp. 1970-1979.
- Dubos-Paillard E., Y. Guermond et P. Langlois, 2004, Analyse de l'évolution urbaine par automate cellulaire, le modèle Spacelle. *L'Espace Géographique*, 32, pp. 357-378.
- Dubos-Paillard E., 2000, *La mutation spatiale de l'industrie dans l'espace urbain (l'agglomération de Rouen)*, Thèse 3ème cycle, Université de Rouen, France, 286 p.
- FOSA – Bénin, 2001, *L'Etude prospective du secteur forestier en Afrique (FOSA)*. République du Bénin, Ministère du Développement Rural, Direction des Forêts et des Ressources Naturelles, Bénin, 64 p.
- Guermond, Y., 2005, Des modèles classiques à la modélisation incrémentale ». In *Modélisations en Géographie : déterminismes et complexités*, Paris, Hermès-Lavoisier, Traité IGAT Information Géographique et Aménagement du Territoire, pp. 49-72.
- Hibbarda K., A. Janetos, D.P. van Vuuren, J. Pongratz, S.K. Rose, R. Betts, M. Herold et J.J. Feddema, 2010, Research priorities in land use and land-cover change for the Earth system and integrated assessment modelling. *International Journal of Climatology*, 30, 13, pp. 2118-2128.
- IPCC, 2007, *Climate Change 2007 : The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, United Kingdom and New York, 996 p.
- Kvalevag M., G. Myhre, G. Bonan et S. Levis, 2009, Anthropogenic land cover changes in a GCM with surface albedo changes based on MODIS data. *International Journal of Climatology*, 30, 13, pp. 2105–2117
- Lajoie G. et A. Hagen-Zanker, 2007, La simulation de l'étalement urbain à La Réunion : apport de l'automate cellulaire Metronamica pour la prospective territoriale », *Cybergeo : European Journal of Geography* [En ligne], Systèmes, Modélisation, Géostatistiques, document 405, mis en ligne le 18 octobre 2007, consulté le 21 octobre 2011. URL : <http://cybergeo.revues.org/11882>.
- Lambin E.F. et H.J. Geist, 2002, Global land-use and land-cover change : what have we learned so far ?" *LUCC Report* pp. 27-30.
- Lambin E.F., X. Baulies, N. Bockstael, D. Fisher, T. Krug, R. Leemans, E.F. Moran, R. R. Rindfuss, Y. Sato, D. Skole, B. L. Turner II et C. Vogel, 1999, *Land use and land cover change (LUCC) : Implementation strategy*. IGBP Report 48, IHDP Report 10, 125 p.
- Lambin, E.F., 1997, Modelling and monitoring land cover change processes in tropical regions. *Prog. Phys. Geogr.* 21, 3, pp. 375 - 393.

- Lambin, E.F., 1994, *Modelling deforestation processes : a review*. TREES Publications Series B : Research Report I, EUR 15744 EN, European Commission, Luxembourg, 113 p.
- Langlois P. et D. Delahaye, 2002, RuiCells, automate cellulaire pour la simulation du ruissellement de surface. *Revue internationale de géomatique*, 12, 4, pp. 461- 487.
- Langlois, P., 2001, Le modèle SpaCell. *Base de données du Groupe Modèles du GDR Libergéo*, pp. 111-125
- Lawrence P.J. et T.N. Chase, 2010, Investigating the climate impacts of global land cover change in the community climate system model. *International Journal of Climatology*, 30, 13, pp. 2066–2087.
- Mama V.J. et J. Oloukoi, 2010, Modelling land use and land cover change in a central region of the Republic of Benin, using a Markov Model, *Environtropica*, 5-7, pp. 72 – 88.
- Mama, V.J., 2002, *An integrated approach for land-use/cover change analysis in a central region of Benin Republic*. PhD Thesis, Geography, University of Lagos, Lagos, 221 p.
- MECCAGPDPE-PNUD, 2000, *Dynamique démographique, question agraire, et urbanisation au Bénin. Etudes Nationales de Perspectives à long terme. NLTPS-BENIN 2025*. Ministère d'Etat Chargé de la Coordination de l'Action Gouvernementale, du Plan, du Développement et de la Promotion de l'Emploi (MECCAGPDPE), et le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD), 147p. + Annexes.
- Mishra V., K.A., Cherkauer, D. Niyogi, M. Lei, B.C. Pijanowski, D.K. Ray, L.C. Bowling et G. Yang, 2010, A regional scale assessment of land use/land cover and climatic changes on water and energy cycle in the Upper Midwest United States, *International Journal of Climatology*, 30, 13, pp. 2025–2044.
- Mustard F., R. Defries, T. Fisher et E. Moran, 2004, "Land use and land cover change pathways and impacts" in Gutman G et al (eds) (2004) : "Land Change Science : Observing, Monitoring, and Understanding Trajectories of Change on Earth's" *Remote sensing and digital image processing*, vol. 6, pp. 411-429.
- Oloukoi J., V.J. Mama et F.B. Agbo, 2007, Modélisation de la dynamique de l'occupation des terres dans le Département des Collines au Bénin, *Télétection*, 6, 4, pp. 305-323.
- Orekan, V., 2007, *Implementation of the local land-use and land-cover change model CLUE-s for Central Benin by using socio-economic and remote sensing data*. PhD Thesis, University of Bonn, 204 p.
- Puyravaud, J.P., 2003, Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. *Forest Ecology and Management*, 177, 1–3, pp. 593–596.
- Schulz J.J., L. Cayuela, C. Echeverria, J. Salas, J. Mari et R. Benayas, 2010, Monitoring land cover change of the dryland forest landscape of Central Chile (1975–2008), *Applied Geography*, 30, pp. 36–447
- Sertel E., A. Robock et C. Ormeci, 2009, Impacts of land cover data quality on regional climate simulations. *International Journal of Climatology*, 30, 13, pp. 1942-1953.
- Shiferaw, A., 2011, Evaluating the land use and land cover dynamics in Borena Woreda of South Wollo highlands, Ethiopia. *Journal of Sustainable Development in Africa*, 13, 1, pp. 87-107.
- Takahashi H.G, T. Yoshikane, M. Hara, K. Takata et T. Yasunari, 2010, High-resolution modelling of the potential impact of land-surface conditions on regional climate over Indochina associated with the diurnal precipitation cycle. *International Journal of Climatology*, 30, 13, pp. 2004 – 2020
- Verburg, P.H., 2000, *Exploring the spatial and temporal dynamics of land use with special reference to china*. Thesis Wageningen University, The Netherlands, 143 p.
- Xiao C., R. Yu et Y. Fu, 2009, Precipitation characteristics in the Three Gorges dam vicinity, *International Journal of Climatology*, 30, 13, pp. 2021 – 2024

---

### **Pour citer cet article**

#### Référence électronique

Joseph Oloukoi, « Scénario socio-économique et écologique des changements de l'occupation des terres au Bénin », *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 13 Numéro 1 | avril 2013, mis en ligne le 16 avril 2013, consulté le 03 septembre 2014. URL : <http://vertigo.revues.org/13267> ; DOI : 10.4000/vertigo.13267

---

## *À propos de l'auteur*

### **Joseph Oloukoi**

Regional Centre for Training in Aerospace Surveys (RECTAS), Obafemi Awolowo University  
Campus, PMB 5545, Ile-Ife, Nigéria, Courriel : chabijos@yahoo.fr

---

## *Droits d'auteur*

© Tous droits réservés

---

## *Résumés*

Cette étude apprécie la dynamique de l'occupation des terres et son probable devenir dans un avenir moyen et lointain au Centre du Bénin. Elle se base sur une approche combinatoire qui intègre la télédétection spatiale, les systèmes d'information géographique et les automates cellulaires. Des images Landsat TM de 1986, ETM de 2000 et NigeriaSat1 de 2006 ont été utilisées pour l'extraction des informations sur l'occupation du sol. Ces informations ont été traitées et converties sous format ASCII dans ArcGIS, puis récupérées dans le modèle des automates cellulaires SPACELLE où des projections ont été faites aux horizons 2025 et 2034, suivant deux scénarios qui pourraient se produire sous des conditions socio-économiques définies. La détection des changements indique une tendance progressive des champs et jachères, les savanes arborées et arbustives entre 1986 et 2006. Quant à la forêt dense et la forêt-galerie, elles présentent une tendance régressive au niveau des quatre unités paysagiques sélectionnées. Le scénario socio-économique révèle que les formations végétales vont quasiment disparaître au profit des champs et jachères et des agglomérations en 2016, 2025, tendance qui va se consolider davantage en 2034. Le scénario écologique a tourné à un scénario de stabilité environnementale, se traduisant par une dynamique relative, mais qui préservera les ressources surtout les formations végétales, car leur degré de dégradation ne sera pas aussi élevé.

This study appreciates the dynamic of land cover in a faraway or middle future.

It is based on a combinatory approach that integrates spatial remote sensing, geographic information system and cellular automata techniques. Landsat TM of 1986, ETM of 2000 and NigeriaSat1 of 2006 images were used for the extraction of land cover information. These information were processed and converted to ASCII format in ArcGIS and then recuperated in SPACELLE cellular automata application model, where predictions of land cover were made towards 2025 and 2034, under defined conditions. The change detection reveals a progressive trend of farm and fallow lands, shrub and woody savannah between 1986 and 2006. Dense forest and gallery forest presented a regressive trend in the four landscape units selected. The socio-economic scenario reveals that vegetation formations will almost disappear at the profit of farm and fallow lands and settlements in 2016, 2025, trend that will be consolidated in 2034. The ecological scenario has turned to an environmental stability scenario that translated into a relative dynamic of land cover units. It preserves the resources because their degree of degradation will be low.

## *Entrées d'index*

**Mots-clés :** Occupation des terres, scénario, paysage, Bénin, Spacelle, prospective

**Keywords :** Land cover, Scenario, landscape units, Benin-Centre, Spacelle

**Lieux d'étude :** Afrique