

Yao Sadaïou Sabas BARIMA¹
Nicolas BARBIER²
Issouf BAMBA¹
Dossahoua TRAORE³
Jean LEJOLY²
Jan BOGAERT¹

¹ Université libre de Bruxelles
Service d'écologie du paysage
et systèmes de production végétale
CP 169, 50 avenue F. D. Roosevelt
1050 Bruxelles
Belgique

² Université libre de Bruxelles
Service de botanique systématique
et de phytosociologie
CP 169, 50 avenue F. D. Roosevelt
1050 Bruxelles
Belgique

³ Université de Cocody-Abidjan
Laboratoire de botanique
22 BP 582
Abidjan 22
Côte d'Ivoire

Dynamique paysagère en milieu de transition forêt-savane ivoirienne



Photo 1.

Suppression de la forêt dense humide semi-décidue (en arrière-plan) et transformation en exploitation agricole (premier plan). La forêt est systématiquement éliminée et l'espace exploité en maïsiculture, peu tolérante en ombre.

Photo : Y. S. S. Barima, 2007.

RÉSUMÉ

DYNAMIQUE PAYSAGÈRE EN MILIEU DE TRANSITION FORÊT-SAVANE IVOIRIENNE

La dynamique temporelle des forêts d'une zone de transition forêt-savane, située dans le département de Tanda, à l'est de la Côte d'Ivoire, a été déterminée à partir de l'analyse diachronique de deux images satellitaires de type Landsat TM 1986 et Landsat ETM+ 2000, et de missions de vérification sur le terrain. Les résultats indiquent que les surfaces forestières en 2000 couvraient 29 % de la zone d'étude au lieu de 73 % en 1986. Cette régression forestière a été compensée par une augmentation des zones occupées par les savanes. Les forêts denses sont les plus affectées par cette perte d'habitat, leur superficie ayant diminué de 83 % pendant la période d'étude. La dynamique spatiale du paysage, caractérisée par des indices structuraux, a montré un processus de création de taches de savanes par opposition à la suppression de celles des formations boisées. D'une façon générale, la région d'étude a subi une transformation importante liée essentiellement aux activités agricoles et à la pression démographique.

Mots-clés : transition forêt-savane, Landsat, indices structuraux, déforestation, savanisation.

ABSTRACT

LANDSCAPE DYNAMICS IN A TRANSITIONAL FOREST-SAVANNAH ZONE IN CÔTE D'IVOIRE

The dynamics over time of forests in a forest-savannah transition zone in the Tanda district in eastern Côte d'Ivoire were determined from a diachronic analysis of two satellite images of the Landsat TM 1986 and Landsat ETM+ 2000 types, with verification through field visits. The results show that in 2000, forests covered 29 % of the study zone as opposed to 73 % in 1986, with an increase in savannah zones as forest areas recede. Dense forests are more severely affected by habitat loss, having receded by 83 % during the study period. The spatial dynamics of the landscape, as characterised by structural indices, reveal a process in which patches of savannah become established and encroach upon woodland patches that are undergoing a process of suppression. Overall, the study zone has been substantially transformed, essentially by farming and population pressures.

Keywords: forest-savannah transition, Landsat, structural indices, deforestation.

RESUMEN

DINÁMICA PAISAJÍSTICA EN UN ÁREA DE TRANSICIÓN BOSQUE-SABANA DE COSTA DE MARFIL

Se determinó la dinámica temporal de los bosques de una zona de transición bosque-sabana, ubicada en el departamento de Tanda en el Este de Costa de Marfil, a partir del análisis diacrónico de dos imágenes satelitales de tipo Landsat TM 1986 y Landsat ETM+ 2000, y de visitas de verificación sobre el terreno. Los resultados indican que la superficie forestal cubría el 29% de la zona de estudio en el 2000, frente al 73% en 1986. Esta regresión forestal se vio compensada con el incremento de las zonas ocupadas por sabanas. Los bosques densos son los más afectados por esta pérdida de hábitat, ya que su superficie disminuyó un 83% en el período estudiado. La dinámica espacial del paisaje, caracterizada por índices estructurales, mostró un proceso de creación de manchas de sabanas que contrastaba con la supresión de zonas boscosas. En general, la región estudiada ha sufrido una importante transformación ligada fundamentalmente a las actividades agrícolas y a la presión demográfica.

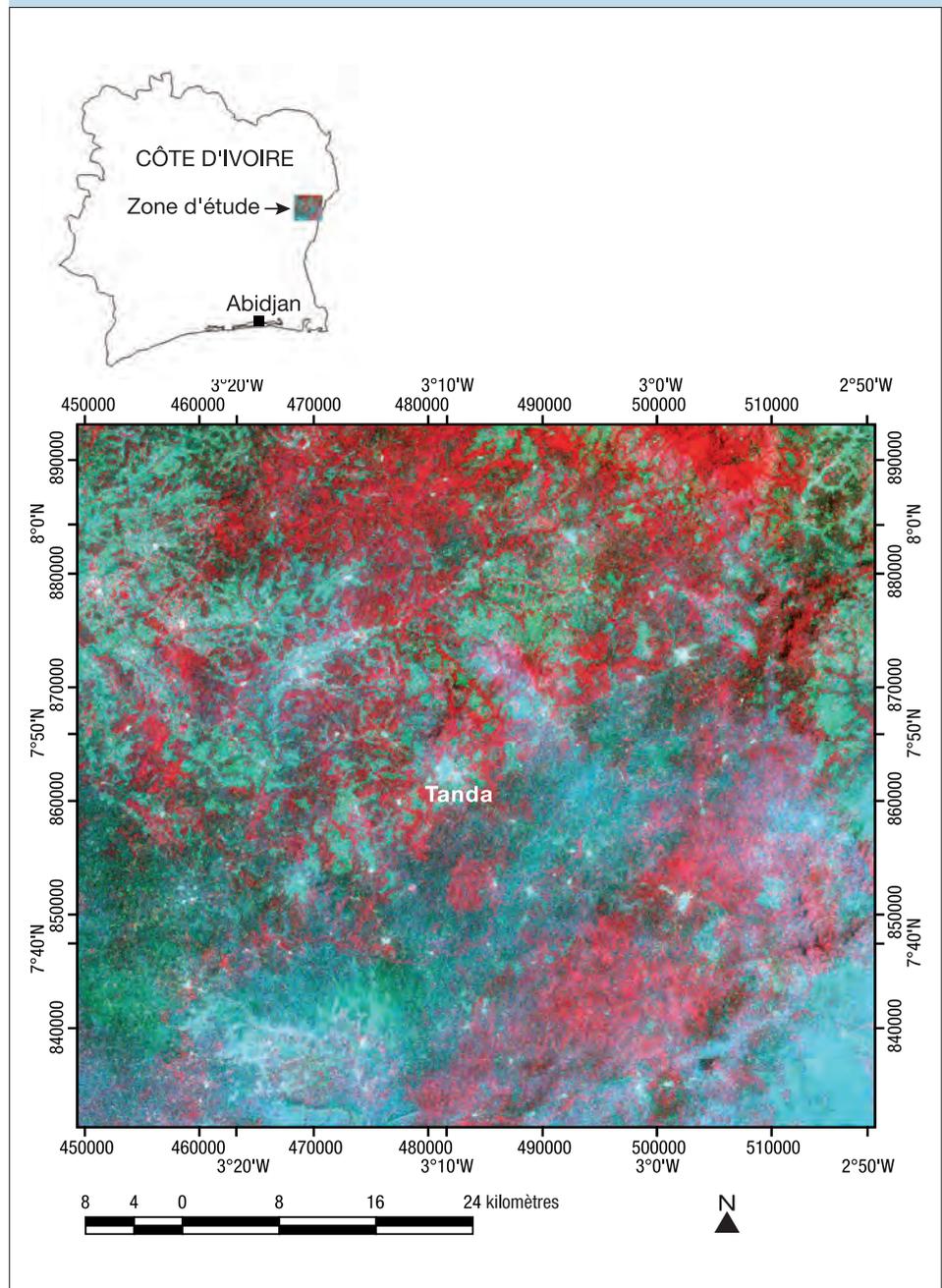
Palabras clave: transición bosque-sabana, Landsat, índices estructurales, deforestación, sabanización.

Introduction

La surface forestière ivoirienne, estimée à plus de 15 millions d'hectares en 1960, en atteignait moins de la moitié en 2000 (FAO, 2001). Les zones de transition forêt-savane semblent être parmi les régions les plus affectées par ces transformations (SMITH *et al.*, 1997). Pourtant, ces milieux interviennent de façon importante dans la divergence des espèces et dans leur spéciation (SMITH *et al.*, 1997). Malgré les nombreuses mutations intervenues dans la zone de transition ivoirienne, aucune information précise n'est disponible quant à leur dynamique paysagère à l'est du pays. Comblant cette lacune devrait permettre la mise en place de politiques de gestion et de conservation durables dans cette région et, partant, dans les milieux similaires en Côte d'Ivoire. L'étude a donc pour objectif d'analyser, à partir d'une étude diachronique via la télédétection, la dynamique du paysage entre 1986 et 2000 dans la région de transition forêt-savane à l'est de la Côte d'Ivoire.

Présentation du milieu d'étude

L'étude a été menée dans le département de Tanda au sein d'une zone de 4 200 km² (figure 1). La végétation est constituée d'une forêt dense semi-décidue soumise à un climat tropical subhumide (GUILLAUMET, ADJANOHOON, 1971). Le relief présente un gradient altitudinal qui passe progressivement de 200 m dans le sud-ouest à 700 m dans le nord-est (AVENARD, 1971). La végétation a subi d'importantes perturbations du fait des actions anthropiques principalement, et secondairement de l'instabilité climatique croissante (Brou *et al.*, 2005).



Méthodologie

Caractéristiques et corrections des images Landsat

Les images, de type Landsat (résolution de 30 m) corrigées géométriquement (niveau L1b), dataient du 18 janvier 1986 (*Thematic Mapper* : TM) et du 2 février 2000 (*Enhanced Thematic Mapper +* : ETM+). L'orthorectification de l'image Landsat ETM+ 2000 a été réalisée avec les coordonnées géographiques de points invariants. L'image Landsat TM 1986 a ensuite été orthorectifiée en référence à l'image Landsat ETM+ 2000. La précision géométrique du calage entre les deux scènes était finalement inférieure à 1 pixel, le minimum requis pour une analyse des changements (MAS, 2000). La correction radiométrique a été faite à travers des méthodes de régression linéaire basées sur des invariants radiométriques (SONG *et al.*, 2001). Des points de repère radiométriques, caractérisés par une réflectance invariante, ont été identifiés sur les images, et les coefficients de la transformation ont été déterminés en utilisant les statistiques de ces points (HELDER *et al.*, 1997).

Classification semi-supervisée de l'image Landsat ETM+ 2000

Seize classes ont tout d'abord été créées suite à une classification automatique (BONN, ROCHON, 1992) de l'image Landsat ETM+ 2000. Ce nombre de classes relativement élevé offrait la possibilité de fusionner ultérieurement des classes similaires radiométriquement et thématiquement. Un premier regroupement a été réalisé de manière visuelle sur la base des connaissances *in situ*, acquises lors des visites sur le terrain, et d'anciennes cartes d'occupation du sol. Les statistiques radiométriques des classes restantes ont été extraites des bandes spectrales du rouge (R : 0,62-0,70 μm) et du proche

infrarouge (PIR : 0,70-1,30 μm) et projetées sur des axes orthonormés afin de regrouper les classes radiométriquement proches. Les canaux R et PIR sont les plus employés pour les études de végétation car ils permettent de discriminer au mieux la végétation (BONN, ROCHON, 1992).

Vérification de la classification de l'image Landsat ETM+ 2000

Des données de référence ont été obtenues à partir de relevés *in situ*. Un plan d'échantillonnage stratifié a été réalisé sur la base des classes d'occupation du sol retenues et de l'altitude. Deux cents sites de vérification ont été choisis de manière à se trouver dans des zones homogènes et de surface supérieure à 20 pixels. Deux types de vérification ont été effectués. Le premier consistait à vérifier visuellement sur le terrain les classes autres que la végétation. Pour les classes de végétation, en plus de la détermination visuelle du type d'occupation du sol, un inventaire botanique a d'abord été effectué sur les 100 premiers individus ligneux de DBH > 30 cm. Ensuite, la circonférence et la hauteur de ces individus ont été mesurées, enfin, la surface correspondant à ces individus a été déterminée. Les légendes des classes de végétation ont été attribuées en suivant la classification de Yangambi (TROCHAIN, 1957).

L'estimation de la qualité de la classification a été faite par le biais d'une matrice de confusion (GODARD, 2005). À partir de cette matrice, la qualité de l'utilisateur ou le taux de pixels bien classés de la classe i ($P_u(i)$) a été déterminée avec l'équation 1 :

$$P_u(i) = \frac{M_c(i)}{m_1} \times 100 \text{ (équation 1)}$$

où $M_c(i)$ est le nombre de pixels de la classe i ayant effectivement été affectés

à celle-ci après classification et m_1 la somme des pixels de la classe i dans l'image.

La précision du producteur $P_p(i)$ a été obtenue suivant l'équation 2 :

$$P_p(i) = \frac{M_c(i)}{m_2} \times 100 \text{ (équation 2)}$$

où m_2 est le nombre de pixels appartenant effectivement à la classe i . Une valeur élevée de $P_p(i)$ indique que la classe a été peu affectée par les échantillons des autres classes. À l'inverse, un taux faible indique que cette classe a souvent été choisie à la place d'autres classes.

La précision globale de la classification a été donnée par la moyenne des pourcentages des pixels correctement classés (MPCC) (équation 3) :

$$MPCC = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_u(i) \text{ (équation 3)}$$

n étant le nombre total des pixels inclus dans la matrice.

Le coefficient de Kappa (\hat{K} , équation 4) donne une estimation plus précise (qui tient compte des pixels bien classés) de la qualité de la classification (CONGALTON, 1991) :

$$\hat{K} = \frac{n \sum_{i=1}^r M_c(i) - \sum_{i=1}^r m_1 m_2}{n^2 - \sum_{i=1}^r m_1 m_2} \times 100$$

(équation 4)

où r est le nombre de rangées de la matrice.

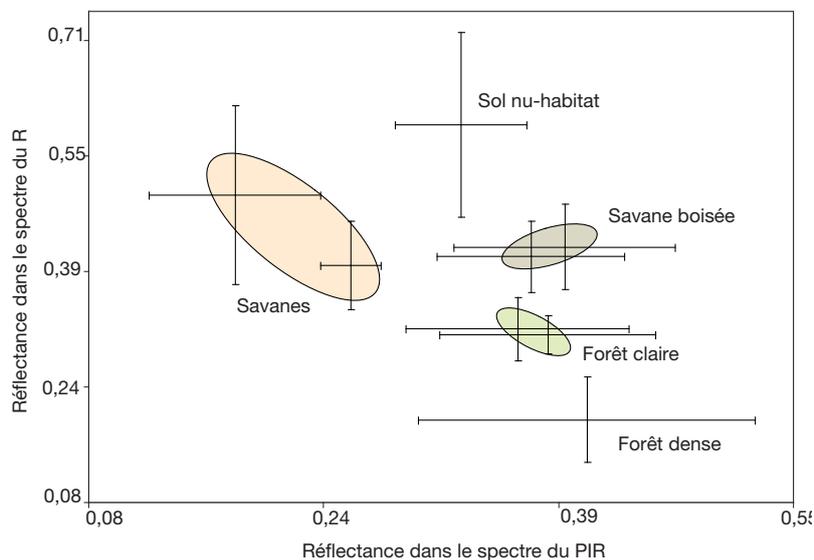


Figure 3. Regroupement des valeurs radiométriques de l'image Landsat ETM+ 2000 en cinq classes d'occupation du sol. Les traits horizontaux et verticaux représentent les écarts-types des différentes classes autour de la moyenne.

Ces différentes analyses nous ont permis de produire deux cartes d'occupation du sol (figure 4a). L'analyse visuelle de ces cartes montre une diminution du couvert forestier en 2000 par rapport à 1986.

Les grands massifs encore présents en 2000 étaient confinés dans la moitié nord de la zone d'étude. La partie méridionale était fortement dominée par les classes des savanes.

Mise en évidence des changements à l'échelle du paysage

Le changement majeur d'occupation du sol au cours de la période 1986-2000 dans la zone d'étude a été une augmentation de 287 % de la superficie des savanes, qui sont passées ainsi de 665 km² (16 % de la surface totale) à 2 571 km², soit 61 % de la surface totale (figures 5 et 6). Les espaces boisés, qui étaient majoritaires en 1986, ont régressé sensiblement. Ainsi, la forêt dense, la forêt claire et la savane boisée ont reculé respectivement de 83 %, 39 % et 38 % (figure 6). En 2000, la forêt dense, qui était en 1986 la classe dominante du paysage (36 % de l'aire totale), était devenue la classe minoritaire avec seulement 6 % de couverture de la surface totale. La fraction restante (33 %) de l'espace est occupée par de la forêt claire, de la savane boisée et du sol nu - habitat, qui ont connu aussi une régression de 39 %, 38 % et 11 % respectivement.

Tableau I.
Matrice de confusion.

Données de référence	Image classifiée					P_p (%)
	Sol nu - habitat	Savanes	Savane boisée	Forêt claire	Forêt dense	
Sol nu - habitat	96,15	3,85	0	0	0	100,00
Savanes	0	74,20	12,90	6,45	6,45	95,83
Savane boisée	0	0	75,01	0	24,99	60,00
Forêt claire	0	0	9,09	68,18	22,73	78,95
Forêt dense	0	0	0	11,11	88,89	61,53
P_u (%)	96,15	74,19	75,00	68,18	88,89	
$MPCC$ (%)		80,48				
\hat{K} (%)		80,20				

Les rangées correspondent aux classes définies sur le terrain (données de référence) et les colonnes aux classes obtenues par classification de l'image Landsat ETM+ 2000. P_u , P_p et $MPCC$ sont respectivement la qualité de l'utilisateur, la précision du producteur et la moyenne des pourcentages des pixels correctement classés. \hat{K} est le coefficient de Kappa.

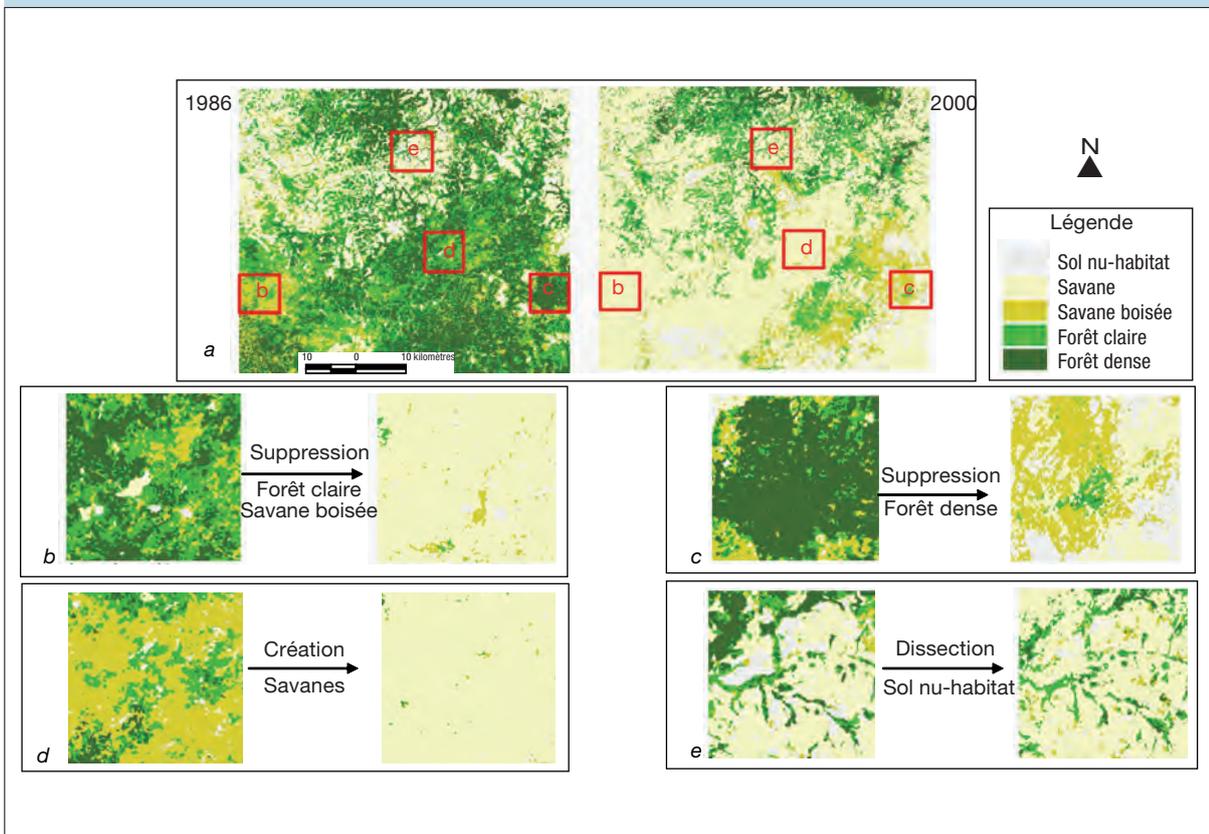


Figure 4. Carte d'occupation du sol en 1986 et 2000 (a) et processus de transformation du paysage (b, c, d et e) de la zone d'étude.

Transferts d'occupation du sol entre 1986 et 2000

Il apparaît que 3,59 % du paysage qui étaient occupés par la classe sol nu - habitat en 1986 sont restés tels quels en 2000 tandis que 10,17 % du paysage ont été convertis dans la classe des savanes (tableau II). Ces dernières ont constitué la classe la plus stable avec un taux de 18,08 %. Seuls 2,13 % du paysage occupés par des savanes ont connu une dynamique de densification de la couverture végétale : savane boisée (1,36 %) et forêt claire (0,77 %). Le tableau II fait ressortir l'importance des conversions des espaces forestiers en savanes ; 8,50 %, 8,59 % et 12,10 % du paysage occupés respectivement par des savanes boisées, des forêts claires et des forêts denses ont ainsi été convertis en savanes. Avec 2,02 %

de taux de permanence, la savane boisée a constitué la classe la moins stable dans le paysage. La forêt dense a subi dans son ensemble un phénomène d'ouverture à des degrés divers vers la forêt claire (7,75 %), la savane boisée (4,40 %) et la savane herbeuse (12,10 %). En somme, l'analyse des transferts d'occupation du sol entre 1986 et 2000 permet de départager l'importance relative des dynamiques paysagères : la stabilité des classes (33,56 % du paysage), la dynamique de densification de la couverture végétale (18,26 % du paysage) et l'ouverture du milieu (48,18 % du paysage). La savanisation est ainsi le phénomène le plus important.

Dynamique structurale

Pour la savane boisée, la forêt claire et la forêt dense, on note une diminution du nombre de taches et de la surface en 2000 par rapport à 1986 (tableau III). Le processus de transformation dominant observé pendant cette période en ce qui concerne ces classes était la suppression (figures 4b et 4c, photo 1). Pour les savanes, le processus inverse est identifié, c'est-à-dire la création (figure 4d, photo 2). La classe sol nu-habitat a connu pendant la période d'étude un accroissement du nombre de taches en parallèle avec une régression de l'aire totale (tableau III). Mais la valeur de $t_{obs} = 0,88$ étant supérieure au seuil $t = 0,5$, il a été conclu que le processus de transformation dominant de cette classe était la dissection (figure 4e).

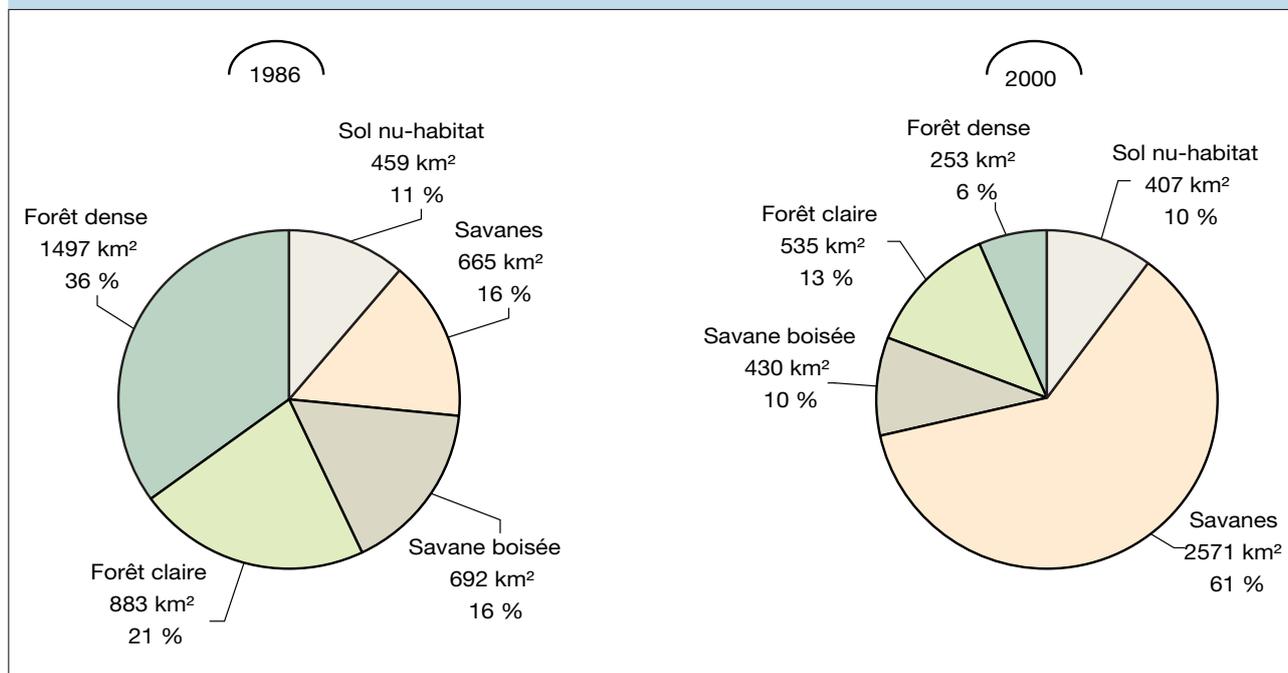


Figure 5.
Composition de l'occupation du sol en 1986 et en 2000.

Discussion

Dans cette étude, nous avons déterminé la dynamique du paysage dans une zone de transition forêt-savane à l'est de la Côte d'Ivoire à travers une comparaison diachronique de deux images Landsat datant de 1986 et 2000. Les résultats que nous avons obtenus montrent la rapidité de la déforestation dans la zone d'étude. En effet, le taux de déboisement en 2000 (60 % sur 15 ans, soit 4 % par an) était supérieur au taux national pour la même période, estimé entre

1,1 et 2,9 % par ACHARD *et al.* (2002) et à 3,1 % par la Fao (FAO, 2001). La zone de transition forêt-savane semble donc être plus affectée par la déforestation que les autres régions de la Côte d'Ivoire. Cette assertion est étayée par l'analyse de la matrice de transfert d'occupation du sol, qui montre une forte dynamique d'ouverture des écosystèmes boisés. Trois types de processus sont observés. D'abord, la savanisation, qui est due non seulement au maintien de cette classe dans le milieu mais aussi à la dégradation des savanes boisées, des forêts claires et des forêts denses. Ensuite, la défo-

restation des forêts denses qui ont été transformées en d'autres classes d'occupation du sol, et en premier lieu en savanes (12,10 % du paysage). Enfin, les dynamiques de successions naturelles vers des états climaciques de forêt (18,26 % du paysage).

Les méthodologies adoptées dans cette étude ont permis de limiter certaines erreurs liées à l'analyse diachronique des images. L'inertie forte des types paysagers étudiés exclut le fait que des forêts denses disparaissent et réapparaissent cycliquement sur un intervalle de quinze ans. Les dynamiques saisonnières et interannuelles, non quantifiables ici, ne sont pas en mesure de dominer les dynamiques décennales. Par ailleurs, le choix de deux images de même saison (janvier 1986, février 2000) contribue à diminuer d'éventuels effets saisonniers. Au plan technique, le cœur de notre approche diachronique repose sur la classification radiométrique des images. La classification de l'image Landsat TM 1986, permettant de quantifier l'état antérieur de l'occupation du sol, repose sur la similarité spectrale des

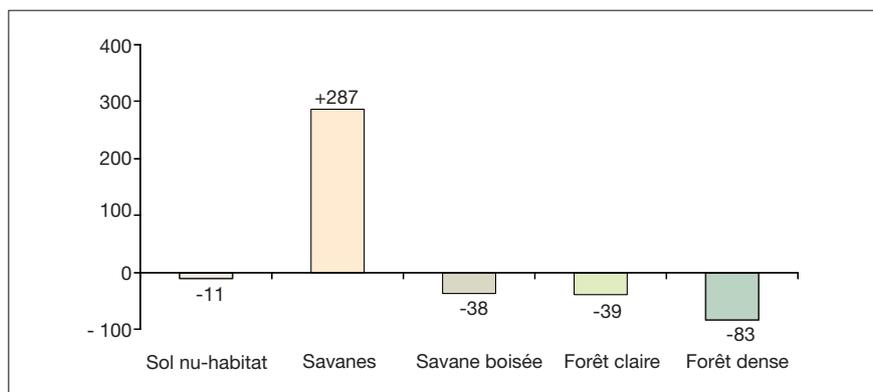


Figure 6.
Taux d'évolution des surfaces d'occupation du sol entre 1986 et 2000.

Tableau II.

Matrice de transition illustrant, en pourcentage de la surface des classes, la transformation de leur aire entre 1986 (rangées) et 2000 (colonnes).

1986	2000				
	Sol nu - habitat	Savanes	Savane boisée	Forêt claire	Forêt dense
Sol nu - habitat	3,59	10,17	1,44	0,16	0,00
Savanes	2,45	18,08	1,36	0,77	0,00
Savane boisée	1,08	8,50	2,02	2,31	0,58
Forêt claire	0,45	8,59	1,31	4,61	1,48
Forêt dense	1,55	12,10	4,40	7,75	5,26

Chaque valeur du tableau correspond à une fraction du paysage convertie, entre 1986 et 2000, de la classe indiquée sur la ligne vers la classe en tête de colonne. Par exemple, 10,17 % exprime la fraction du paysage appartenant à la classe sol nu - habitat en 1986 et qui a été convertie dans la classe des savanes en 2000. Les valeurs en gras indiquent les permanences des classes, celles qui sont en dessous de cette diagonale présentent les dynamiques de savanisation et enfin celles au-dessus les dynamiques de densification de la végétation.

Tableau III.

Nombre (n), surface (a) et périmètre (p) des différentes classes d'occupation du sol en 1986 et en 2000.

	Sol nu - habitat	Savanes	Savane boisée	Forêt claire	Forêt dense
1986					
n_{1986}	12 491	10 165	33 708	40 535	14 261
a_{1986} (km ²)	459	665	692	883	1 497
p_{1986} (km)	8 715	9 394	18 235	25 490	17 806
2000					
n_{2000}	18 404	15 900	26 315	26 334	12 931
a_{2000} (km ²)	407	2 571	430	535	253
p_{2000} (km)	9 001	21 133	12 066	15 266	5 850

canaux du rouge et du proche infra-rouge avec l'image Landsat ETM+ 2000. L'application des méthodes de standardisation basées sur une transformation linéaire du spectre des images afin de faire correspondre entre elles les valeurs des zones de comportement radiométrique stable (SONG *et al.*, 2001) nous a permis de rendre comparables les bandes utilisées. En ce qui concerne ces bandes, la forte différence radiométrique entre forêts et savanes dans le plan spectral du rouge et du proche infra-rouge garantit la robustesse des

résultats présentés ici face à des variations, mêmes sensibles (de l'ordre de 10 %), des valeurs radiométriques des classes étudiées. De plus, les canaux 3 et 4 sont le plus fréquemment employés pour caractériser la végétation, notamment au moyen d'indices de végétation comme le Ndvi (*Normalized difference vegetation index*). Bien que notre approche n'utilise pas tout le potentiel multispectral des données Landsat, elle permet une approche intuitive facilement interprétable en deux dimensions spectrales.

La méthode de détermination des processus de transformation structurale du paysage présente de nombreux avantages tels que sa simplicité et sa rapidité d'exécution (BOGAERT *et al.*, 2004). Elle a montré, pour ce qui est de la forêt dense, que la plupart des taches qui composaient cette classe ont été supprimées de la matrice en 2000. L'intrusion multiple et répétée de l'homme dans le milieu forestier, pour diverses activités agricoles, pourrait expliquer ce phénomène. Dans une région où l'agriculture itinérante sur brûlis est de mise, et où la densité de la

Conclusion

population croît de 1,8 % chaque année (UNFPA, 2007), les reliques forestières ne pouvaient qu'être éliminées régulièrement au profit des exploitations agricoles. Les forêts denses sont également dégradées à la suite d'une exploitation forestière massive et non contrôlée. Ainsi la région a-t-elle produit de 1997 à 2004 plus de 700 000 m³ de bois (BARIMA, 2007). Les forêts denses qui subsistent encore sont confinées généralement à la moitié nord de la zone d'étude, à des altitudes plus élevées. Le relief accidenté de cette partie de la région (AVENARD, 1971) pourrait contribuer à la rendre difficilement accessible par les engins d'exploitation forestière. La forêt claire et la savane boisée ont elles aussi été fortement détruites (suppression). La facilité de pénétration dans ces types de milieu peut expliquer leur vulnérabilité. Leur dynamique (néo-création à partir de forêts denses et conversion en milieux plus ouverts) indique que ces milieux constituaient des phases régressives de la transformation de la forêt dense en savanes et jachères (MENAULT *et al.*, 1990). Des conversions directes entre forêts denses et savanes ont été également observées, sans qu'il soit possible de savoir si les stades intermédiaires ont existé durant l'intervalle de temps séparant les deux dates. Le processus de dissection de la classe des sols nus et des habitats peut sembler surprenant. Il pourrait s'expliquer par l'épisode de sécheresse ayant sévi dans la sous-région au début des années 1980 (PATUREL *et al.*, 1995), et qui aurait pu conditionner l'apparition d'importantes zones de sol nu en 1986 (Brou *et al.*, 2005) ; zones qui sont à présent recolonisées par la savane pour 3,85 %.

La fiabilité globale de la classification réalisée dans cette étude (80,20 %) permettra de fixer une qualité de référence pour des études conduites sur des espaces similaires. Les résultats quantitatifs de cette étude concourent à une objectivation des débats sur la déforestation de la Côte d'Ivoire et notamment sur la vulnérabilité des zones de transition forêt-savane.

Cette étude constituait un effort de caractérisation des dynamiques du paysage d'une zone de transition forêt-savane, située dans le département de Tanda, à l'est de la Côte d'Ivoire. Nos résultats confirment que cette zone de transition comporte des milieux dynamiques et en forte mutation. L'équilibre écologique des massifs forestiers est fortement perturbé par l'agriculture itinérante sur brûlis et l'exploitation forestière. La transformation de ces massifs a porté tant sur leur surface ou leur nombre que sur leur type ; les forêts denses, jadis dominantes, ont été largement transformées en formations savaniques. Ces forêts, qui formaient le cœur d'importants massifs, sont à présent de petite taille et incluses dans une matrice où prévaut une mosaïque de savanes, d'exploitations agricoles et de forêts exploitées et transformées à des degrés divers par l'activité humaine.

Remerciements

Cette étude a fait l'objet d'un soutien de l'International Foundation for Science (Suède) par le biais d'une bourse de recherche accordée à Y. S. S. Barima. N. Barbier a été soutenu par le FNRS Belgique. Nous remercions les autorités du conseil général de Tanda (Côte d'Ivoire) pour les facilités qu'elles nous ont accordées pour accéder aux différents sites d'études.



Photo 2.

Jachère herbeuse dominée par *Chromolaena odorata*. La présence d'arbres morts sur pied (en arrière-plan) traduit le passage du feu dans ce milieu (agriculture sur brûlis ou feu de forêt).

Photo : Y. S. S. Barima, 2007.

Références bibliographiques

- ACHARD F., EVA H., STIBIG H. J., MAYAUX P., GALLEGO J., RICHARDS T., MALINGREAU J. P., 2002. Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forest. *Science*, 297 : 999-1002.
- AVENARD J.-M., 1971. Aspects de la géomorphologie. *In* : Avenard J.-M. *et al.* Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Paris, France, Orstom, coll. Mémoires de l'Orstom, 50 : 7-71.
- BANNARI A., TEILLET P. M., LANDRY R., 2004. Comparaison des réflectances de surfaces naturelles dans les bandes spectrales homologues des capteurs TM de Landsat-5 et ETM+ de Landsat-7. *Télédétection*, 4 (3) : 263-275.
- BARIMA Y. S. S., 2007. Dynamique du paysage d'une zone de transition forêt-savane dans le département de Tanda à l'Est de la Côte d'Ivoire. Mémoire Dea, Université libre de Bruxelles, Belgique, 65 p.
- BOGAERT J., CEULEMANS R., SALVADOR-VAN EYSENRODE D., 2004. Decision tree algorithm for detection of spatial processes in landscape transformation. *Environmental Management*, 33 (1) : 62-73.
- BONN F., ROCHON G., 1992. Précis de télédétection. Principes et méthodes. Presses de l'Université du Québec, Canada, vol. 1, 485 p.
- BROU Y. T., AKINDES F., BIGOT S., 2005. La variabilité climatique en Côte d'Ivoire : entre perceptions sociales et réponses agricoles. *Cahiers Agricultures*, 14 (6) : 533-540.
- CONGALTON R. G., 1991. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, 37 : 35-46.
- FAO, 2001. Évaluation des ressources forestières mondiales 2000. Rome, Italie, Fao, Étude Forêts n° 140, 181 p.
- GODARD V., 2005. Typologie des paysages forestiers du sud du massif de Fontainebleau après la tempête de décembre 1999. Évaluation des dégâts forestiers à l'aide d'un semis de points et d'imagerie satellitale optique. *Revue Internationale de Géomatique*, 15 (3) : 281-302.
- GUILLAUMET J.-L., ADJANOHOUN E., 1971. La végétation de la Côte d'Ivoire. *In* : Avenard J.-M. *et al.* Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Paris, France, Orstom, coll. Mémoires de l'Orstom, 50 : 157-263.
- HELDER D., BONCYK W., MORFITT R., 1997. Landsat TM memory effect characterization and correction. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 23 (4) : 289-419.
- MAS J. F., 2000. Une revue des méthodes et des techniques de télédétection du changement. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 26 (4) : 349-362.
- MENAUT J. C., GIGNOUX J., PRADO C., CLOBERT J., 1990. Tree community dynamics in a humid savanna of the Côte d'Ivoire : modelling the effects of fire and competition with grass and neighbours. *Journal of Biogeography*, 17 : 471-481.
- PATUREL J. E., SERVAT E., KOUAME B., MASSON J., LUBES H., 1995. La sécheresse en Afrique de l'Ouest non sahélienne (Côte d'Ivoire, Togo, Bénin). *Sécheresse*, 6 : 95-102.
- SMITH T. B., WAYNE R. K., GIRMAN D. J., BRUFORD M. W., 1997. A role for ecotones in generating forest biodiversity. *Science*, 276 : 1855-1857.
- SONG C., WOODCOCK C. E., SETO K. C., PAX LENNEY M., MACOMBER S. A., 2001. Classification and change detection using Landsat TM data : When and how to correct atmospheric effects ? *Remote Sensing of Environment*, 75 : 230-244.
- TROCHAIN J.-L., 1957. Accord inter-africain sur la définition des types de végétation de l'Afrique Tropicale. *Bulletin de l'Institut d'études centrafricaines*, 13-14 : 55-93.
- UNFPA, 2007. <http://www.unfpa.org/publications>