

# Revue de géographie du Laboratoire Leïd

Dynamiques des territoires et développement



ISSN08512515

N° 10  
Déc. 2012

Université Gaston Berger – Sénégal

[www.univi.net/rgll](http://www.univi.net/rgll)  
[www.laboleidi.com](http://www.laboleidi.com)

2000 FCFA

## Dynamique de l'occupation du sol de la forêt classée de Patako et de sa périphérie de 1972 à 2002

Idrissa GUIRO<sup>1</sup> ([idrissa.guiro@ucad.edu.sn](mailto:idrissa.guiro@ucad.edu.sn)), Cheikh MBOW<sup>1,2</sup>, Frédéric BARET<sup>3</sup>,  
Amadou Tahirou DIAW<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire d'Enseignement et de Recherche en Géomatique (LERG), Ecole Supérieure Polytechnique (ESP), Université Cheikh Anta Diop de Dakar-Sénégal. BP 25275 Dakar-Fann.

<sup>2</sup>Institut des Sciences de l'Environnement (ISE), Faculté des Sciences et Techniques (FST), Université Cheikh Anta Diop de Dakar-Sénégal. BP 5005 Dakar-Fann.

<sup>3</sup>Institut National de Recherches Agronomiques (INRA), EMMAH, UMR1114 (Climat Sol Environnement), Site Agroparc, 84914 Avignon Cedex 09

### Résumé

La présente étude, menée dans la forêt classée de Patako, au centre-ouest du Sénégal, est une contribution à l'analyse de la dynamique de l'occupation du sol de cette forêt et de sa périphérie. Cette forêt, caractérisée par une mosaïque de végétation de type soudano-guinéen à sahélo-soudanien, est soumise à de fortes pressions naturelles et socio-économiques. La démarche utilisée se fonde sur une analyse diachronique de l'imagerie satellitaire pour déterminer la transformation de la couverture végétale entre 1972 et 2002. La méthode de la classification supervisée à l'aide de l'algorithme du maximum de vraisemblance a permis de réaliser les cartes d'occupation du sol à partir d'images Landsat de 1972, 1988 et 2002. L'analyse de l'occupation du sol montre que la dynamique d'ensemble de la végétation est globalement marquée par une tendance régressive entre 1972 et 2002. Les changements notés sont liés essentiellement à la pression anthropique (défrichements, surexploitation des ressources végétales, diminution de la durée des jachères...) et à la dégradation des conditions climatiques qui ont entraîné une forte réduction des formations végétales de la zone.

**Mots clés :** forêt classée de Patako, végétation, dynamique de l'occupation du sol, télédétection.

### Abstract

This study, conducted in Patako protected forest in the Central-Western of Senegal, is an assessment to the analysis of the land cover dynamics that forest and its periphery. Patako forest is characterized by a mosaic of vegetation of Sudano-Guinean to Sudano-Sahelian, and is submitted to strong natural and socio-economic pressures. The approach is based on a diachronic analysis of satellite imagery to determine the transformation of land cover between 1972 and 2002. The method of supervised classification using the maximum likelihood algorithm has allowed working out land cover maps from Landsat images of 1972, 1988 and 2002. The analysis of land cover shows that the overall dynamics of the vegetation is generally marked by a downward trend between 1972 and 2002. The observed changes are mainly due to human pressure (deforestation, overexploitation of plant resources, reduction of fallow periods...) and the deterioration of climatic conditions that led to a sharp reduction of vegetation in the area.

**Keywords:** Patako protected forest, vegetation, dynamic of landscape, remote sensing.

## Introduction

La déforestation est l'une des graves menaces pesant sur l'écosystème forestier dans les zones tropicales. Les ressources naturelles subissent des pressions anthropiques croissantes qui entraînent des dysfonctionnements des écosystèmes terrestres et des pertes de biodiversité [1]. La plupart des paysages de par le monde sont modifiés ou transformés par les activités humaines pour répondre aux besoins socioéconomiques des populations [2] sans compter les effets du changement global [3], ce qui conduit à la fragmentation et à la perte d'habitats de la faune et de la flore.

Les conséquences environnementales de la déforestation sont très profondes. Elles incluent les modifications spatiales et temporelles des terres de culture, le déboisement, l'expansion des pâturages, la fragmentation et la perte d'habitats de la faune et de la flore, etc. Le facteur humain est très complexe ; il est lié à la rareté des ressources qui entraîne une pression sur celles qui restent, aux dynamiques de marché qui changent les opportunités, aux interventions politiques qui parfois sont peu appropriées, la réduction des capacités d'adaptation des populations due à une forte vulnérabilité socio-économique, et les mutations sociales et organisationnelles. Les modifications des services et biens tirés des écosystèmes influent à leur tour sur les facteurs de dynamiques de l'occupation du sol. Ainsi certaines conséquences deviennent des causes de dégradation [4, 5, 6, 7]. Actuellement, la relation étroite entre les changements d'occupation des sols et ses conséquences économiques et sociales est largement étudiée [8, 9, 10, 11].

De nombreuses études font état d'un recul des forêts sans pour autant quantifier ce phénomène. Dès lors, l'observation des mutations du paysage forestier au cours du temps s'impose afin d'estimer la nature des processus naturels et anthropiques et d'en évaluer les enjeux en terme de gestion des ressources naturelles, notamment au niveau des aires protégées. Aujourd'hui la télédétection permet d'acquérir un grand nombre d'informations sur de vastes surfaces et de façon continue en utilisant une variété de capteurs satellitaires et une diversité d'approches [12]. Mais, en Afrique subsaharienne les études adoptant des approches de télédétection et SIG dans l'analyse de la dynamique des écosystèmes sont rares [13, 14, 15].

Cet article est une contribution à l'analyse de la dynamique de l'occupation du sol dans la forêt classée de Patako. Cette étude a pour but de montrer et de quantifier, à partir de données

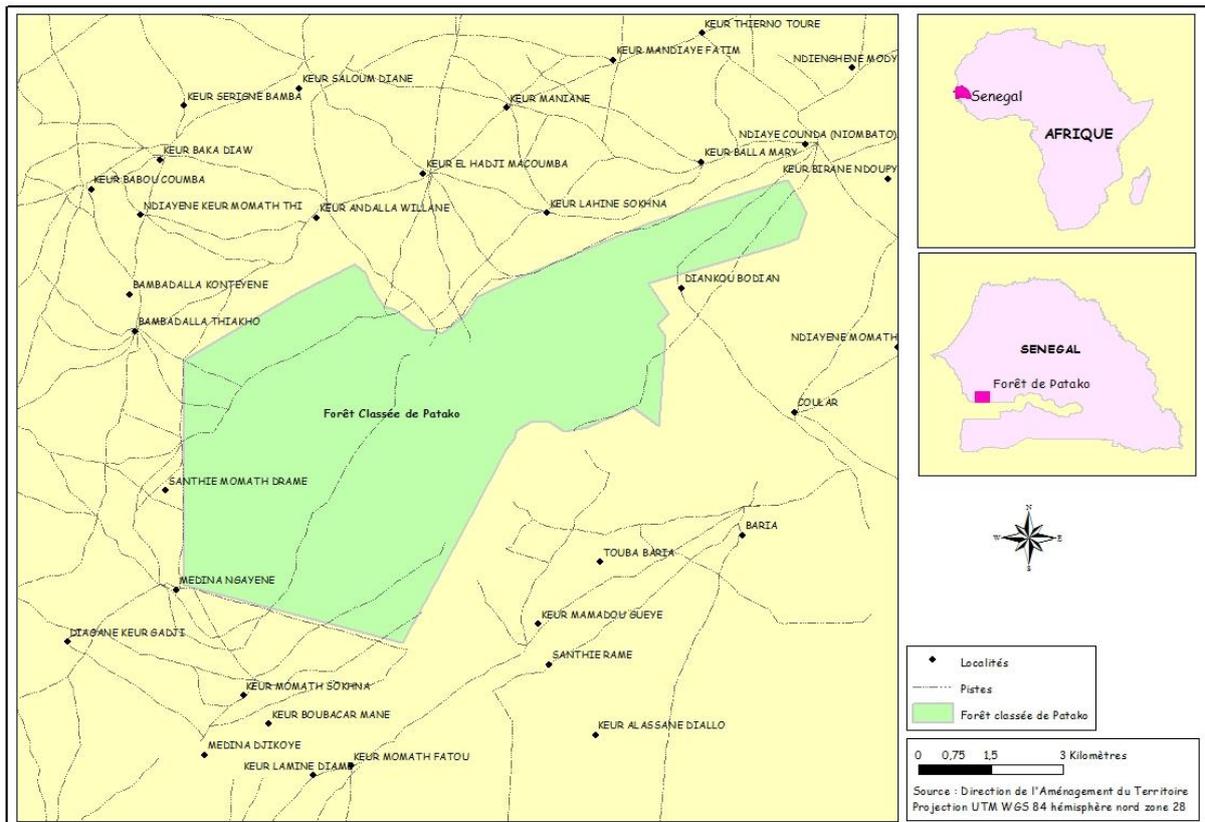
diachroniques la dynamique dans le temps et dans l'espace de l'occupation du sol entre de cette forêt entre 1972 et 2002.

## I. Matériel et méthode

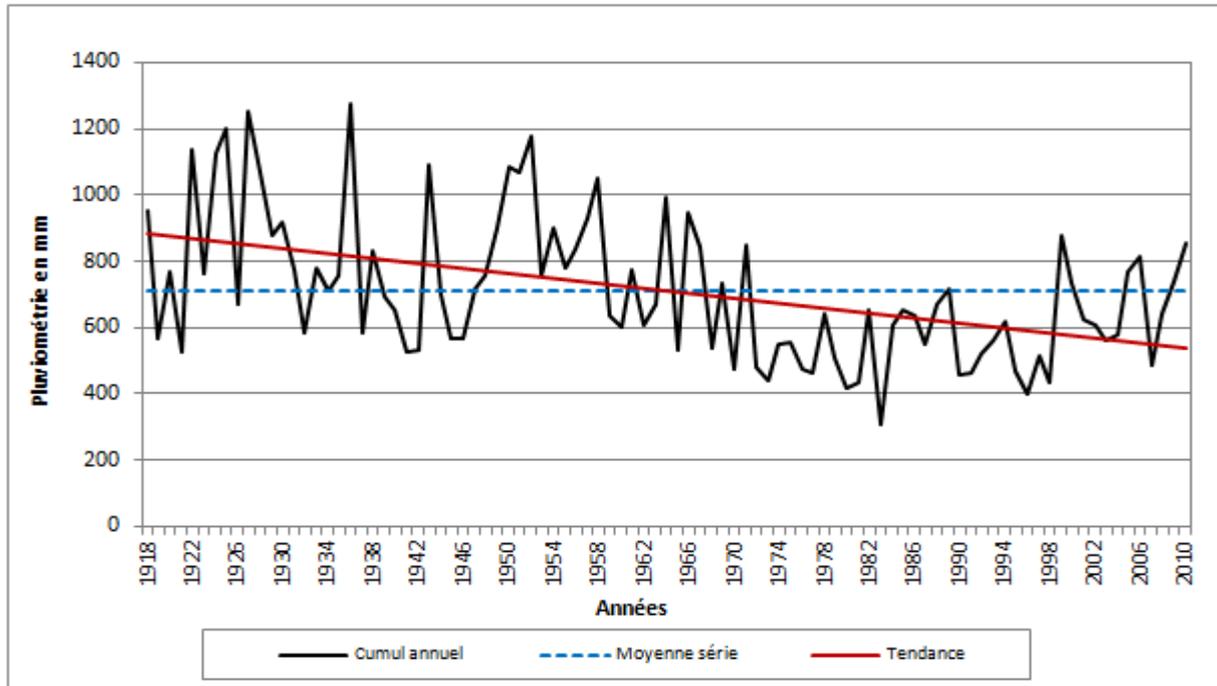
### I.1. Zone d'étude

Créée en 1934, la Forêt Classée de Patako d'une superficie de 5 950 hectares est située dans l'arrondissement de Toubacouta, département de Foundiougne, région de Fatick (figure 1).

**Figure 1** : Carte de localisation de la forêt classée de Patako



Elle est située dans le domaine soudanien entre les isohyètes 700 et 800 mm et entre les isothermes 27 et 28 °C. Le climat est caractérisé par deux saisons : une saison sèche qui va de novembre à mai et une saison pluvieuse qui débute en juin et se termine en octobre. L'analyse des données climatologiques issues de la station de Kaolack (1918-2010) montre une forte variation des totaux pluviométriques et par delà la succession des années humides et sèches, une tendance vers une baisse de la pluviométrie (figure 2).



**Figure 2 : Évolution interannuelle de la pluviométrie à Kaolack (1918-2010)**

Le relief de la zone est principalement constitué de bas plateaux dont l'altitude dépasse rarement 50 mètres, de basses plaines et de cuvettes. La zone est traversée par deux grandes vallées, dont l'une présente un écoulement permanent avec de l'eau douce en amont et de l'eau saumâtre à salée en aval. Les sols ferrugineux tropicaux représentent 60 % des sols de cette zone. La végétation de cette forêt est constituée d'arbustes et d'arbres de taille moyenne sur les plateaux. Dans les vallées, nous avons des forêts galeries formées d'arbres de grande taille avec une densité plus importante que sur les plateaux. Dans la zone de confluence des deux vallées principales, la végétation est une mangrove haute essentiellement constituée par *Avicennia* sp.. La faune est relativement bien représentée. La Forêt Classée de Patako constitue la limite septentrionale de distribution de nombreuses espèces animales et végétales.

### **I.2. Données images**

Les images satellites que nous avons utilisées pour cette étude sont de type Landsat (1972, 1988, 2002) pour l'identification et la délimitation de l'ensemble des unités cartographiques. Les images sont acquises durant la même période de l'année pour réduire les problèmes liés aux différences d'angles solaires, au changement phénologique de la végétation et à la différence d'humidité des sols. Les images ont été acquises en décembre. L'acquisition des scènes en début de saison sèche permet d'avoir une image bien contrastée, un très faible taux de couverture nuageuse et peu affectée par les feux. Les images sont issues de la base des

données de l'USGS (United States Geological Survey). Le tableau 1 donne des indications sur les données acquises.

**Tableau 1** : Les scènes images utilisées

Landsat	Path-row	Dates
Landsat MSS	220/50	1972
Landsat TM	205/50	1988
Landsat ETM +	205/50	2002

### **I.3. Collecte des données sur le terrain**

Plusieurs missions de terrain ont été effectuées pour le repérage et la connaissance d'un certain nombre de parcelles représentatives des différents types d'occupation du sol. Elles ont permis de vérifier le lien entre les classes d'occupation du sol et les classes spectrales sur les images. Cette relation a permis d'établir le niveau de précision des résultats de la classification. La collecte des données sur le terrain a été faite en début de saison sèche, ce qui correspond aux dates d'acquisition des scènes. Pour vérifier la cohérence des sites d'entraînements nous avons fait appel à des tests statistiques (Distance de Jeffries-Matusita) qui étudient les possibilités de confusion inter-classe. L'indice de séparabilité de cette mesure est compris entre 0 et 2. Les valeurs comprise entre 0 et 1, indique que la séparabilité est très faible. Elle est faible à moyenne pour des valeurs allant de 1 à 1,9. Elle est jugée excellente lorsque les valeurs sont comprises entre 1,9 et 2.

### **I.4. Traitement des images pour la détection des changements**

Les images ont été reçues sous un format GeoTIFF (*Geographic Tagged Image File Format*). Ce format est caractérisé par l'association d'informations géodésiques et cartographiques qui ont fait qu'aucune rectification géométrique n'a été nécessaire. La méthode de classification supervisée par maximum de vraisemblance a été utilisée. Les classifications sont soumises à un filtre majoritaire avec une taille de fenêtre de 3 x 3 pixels pour éliminer les pixels isolés ou des petites zones non classifiées afin d'homogénéiser les résultats de la classification. Afin de vérifier la performance des classifications, les zones d'échantillons communes choisies sur les différentes images satellitaires nous ont permis d'élaborer les matrices de confusions. Le résultat du test donne pour chacune des images classifiées la matrice de confusion présentée sous forme d'un tableau à double entrée, la précision globale (la proportion des pixels bien classés calculée en pourcentage), le coefficient Kappa (1), (le rapport entre le nombre de

pixels bien classés et le total des pixels sondés) et les erreurs d’omission, EO (2) et de commission, EC (3).

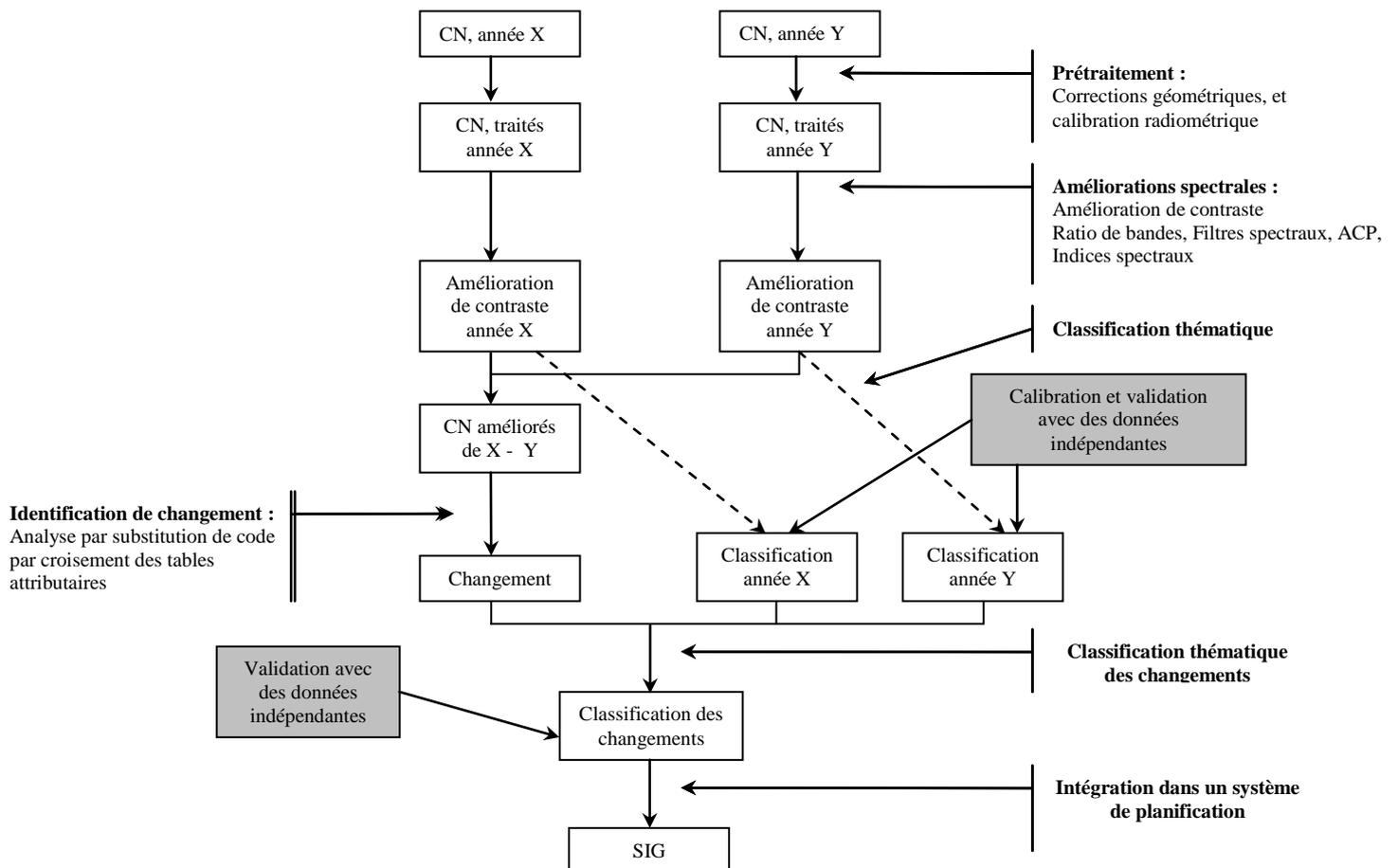
$$K = \frac{P_0 - P_c}{1 - P_c} \quad (1)$$

$$EO = \frac{\sum EO_j}{R_j} \quad (2)$$

$$EC = \frac{\sum EO_l}{R_l} \quad (3)$$

Le modèle générale d’analyse des images satellitaires pour extraire les catégories de l’occupation des sols est schématisé dans la figure 3, adapté de [16].

**Figure 3** : Approche empirique d’extraction des catégories nominales d’occupation et d’utilisation des terres



### I.5. Analyses cartographiques

Les résultats de la classification sont exportés en format vectoriel pour les traitements cartographiques à l'aide du logiciel ArcGIS 9.3. Le croisement des cartes d'occupation de 1972-1988 et 1988-2002 nous a permis d'établir les cartes de changement. Ce croisement a été réalisé en se basant sur une codification des classes et une comparaison des codes entre deux cartes. Il s'agit d'une approche d'identification des changements à partir des changements de codes pour les vecteurs homologues. L'étude de la dynamique est basée sur deux cas de figure : il s'agit des conversions et des modifications. La conversion se traduit par le remplacement de la végétation par des surfaces agricoles entre deux dates. La modification se définit par la transformation d'un type d'occupation du sol à un autre entre deux dates.

## 2. Résultats

### 2.1. Vérification de la cohérence des sites d'entraînement

La vérification des sites d'entraînement faite sur la base des tests de Jeffries-Matusita a donné les résultats présentés dans les tableaux 2, 3 et 4. La séparabilité entre les différentes classes est globalement satisfaisante. La séparabilité moyenne entre la forêt claire à savane boisée avec un indice de 1,44 peut entraîner quelques confusions en 1972. Ces deux classes thématiques ont des réponses spectrales assez proches. Pour les autres années les risques de confusion les plus élevés concernent les zones de cultures et les sols nus avec un indice de 1,80 en 1988 et les zones de cultures et la savane herbacée en 2002 avec un indice de 1,71.

**Tableau 2 : Séparabilité des classes thématiques (distance de Jeffries-Matusita)**

Classes thématiques	Mang	Fg	Fc/Sb	S/Sab	Sherb	Cult	Sols nus	Tannes
Eau	1,99	1,99	2	2	2	1,99	2	1,99
Mang		1,96	1,96	1,86	1,99	1,99	2	1,99
Fg			1,99	1,88	1,99	1,94	1,99	1,96
FcSb				1,44	1,99	1,99	1,99	1,99
Saa					1,99	1,96	1,99	1,96
Sherb						1,99	1,94	1,99
Cult							1,98	1,91
Sols n								1,91

**Tableau 3 : Séparabilité des classes thématiques (distance de Jeffries-Matusita)**

Classes thématiques	Mang	Fg	Fc/Sb	Saa	Sh	Cult	Sols nus	Tannes
Eau	1,99	2	2	2	2	2	2	2
Mang		1,99	2	2	2	2	2	2
Fg			1,98	1,93	1,99	1,94	1,99	1,99
FcSb				1,83	1,98	1,99	1,99	1,99
savarb/arbus					1,96	1,99	2	1,99
sav herb						1,99	2	1,99
Cultures							1,80	1,99
sols nus								1,98

**Tableau 3 : Séparabilité des classes thématiques (distance de Jeffries-Matusita)**

Classes thématiques	Mang	Fg	Fc/Sb	Saa	Sh	Cult	Sols nus	tannes
Eau	1,86	1,99	1,99	2	2	2	2	2
Mang		1,89	1,99	2	2	2	2	2
Fg			1,82	1,96	1,99	1,99	1,99	2
Fc/Sb				1,91	2	1,99	2	2
Saa					1,99	1,99	1,99	2
Sh						1,71	1,98	1,99
Cult							1,88	1,99
sols nus								1,87

Mang : mangrove ; Fg : forêt galerie ; Fcsb : forêt claire à svane boisée ; Saa : savane arborée à arbustive ; Sh : savane herbacée ; Cult : cultures

## I2.2. Vérification de la classification

La discrimination entre les différentes classes thématiques (unités d'occupations des sols) est statistiquement significative pour les trois images. Les précisions globales et les coefficients Kappa calculés pour chaque classification sont également très satisfaisants. Les résultats de l'analyse de fiabilité sont dans l'ensemble très similaires avec des précisions globales variant de 93,76 % à 96,05 % et des valeurs du coefficient Kappa élevées avec 0,92, 0,93 et 0,95 respectivement pour 1972, 1988 et 2002 (tableaux 5, 6 et 7). Les matrices de confusion montrent globalement qu'il n'y'a pas eu d'énormes confusions entre les classes. Toutefois

quelques erreurs ont été enregistrées Les erreurs de commission les plus élevées pour 1972 ont été enregistrées pour la savane arborée à arbustive et la mangrove avec respectivement 19,20 % et 9,09 %, tandis que 10,08 % des pixels appartenant à la forêt claire à savane boisée ont été exclus. En 1988, les erreurs de commission les plus élevées ont concerné les sols nus et la forêt claire à savane boisée avec respectivement 31,25 % et 29,90 %, les omissions les plus importantes concernent la savane arborée à arbustive avec 25,74 %. Les erreurs de commission sont relativement faibles en 2002 avec 5,26 % pour la savane herbacée.

**Tableau 5 : Matrice de confusion de la classification de l'image Landsat de 1972**

Classes thématiques	Données de référence									
	Fg	Mang	Eau	FcSb	Saa	Cult	Tannes	Sols n	Sherb	Omission
Fg	<b>100</b>	0	0	0	1.83	0	0	0	0	0
Mang	0	<b>100</b>	0	0	2.75	0	0	0	0	0
Eau	0	0	<b>100</b>	0	0	0	0	0	0	0
FcSb	0	0	0	<b>89.92</b>	2.75	0	0	0	0	10.08
Saa	0	0	0	10.08	<b>92.66</b>	0	0	0	0	7.34
Cult	0	0	0	0	0	<b>100</b>	3.33	0	0	0
Tannes	0	0	0	0	0	0	<b>96.67</b>	0	0	3.33
Sols n	0	0	0	0	0	0	0	<b>100</b>	1.52	0
Sherb	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>98.48</b>	1.52
Commission	3.92	9.09	0	1.38	19.20	1.59	0	2.33	0	
Précision globale	<b>93,76 %</b>									
Coefficient de Kappa	<b>0,92</b>									

**Tableau 6 : Matrice de confusion de la classification de l'image Landsat ETM de 1988**

Classes thématiques	Données de référence									
	Mang	Eau	Fg	Cult	Sols n	Sh	Saa	Tannes	FcSb	Omission
Mang	<b>100</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eau	0	<b>100</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
Fg	0	0	<b>100</b>	0	0	0	0	0	0	0
Cult	0	0	0	<b>96.96</b>	0	1.40	0	0	0	3.04
Sols n	0	0	0	3.04	<b>100</b>	0	0	4.44	0	0

Sherb	0	0	0	0	0	<b>98.60</b>	0	0	0	1.40
Saa	0	0	0	0	0	0	<b>74.26</b>	0	0	25.74
Tannes	0	0	0	0	0	0	0	<b>95.56</b>	0	4.44
FcSb	0	0	0	0	0	0	25.74	0	<b>100</b>	0
Commission	0	0	0	1.16	31.25	0	0	0	29.90	
Précision globale	<b>94.82 %</b>									
Coefficient de Kappa	<b>0.93</b>									

**Tableau 7 : Matrice de confusion de la classification de l'image Landsat ETM+ de 2002**

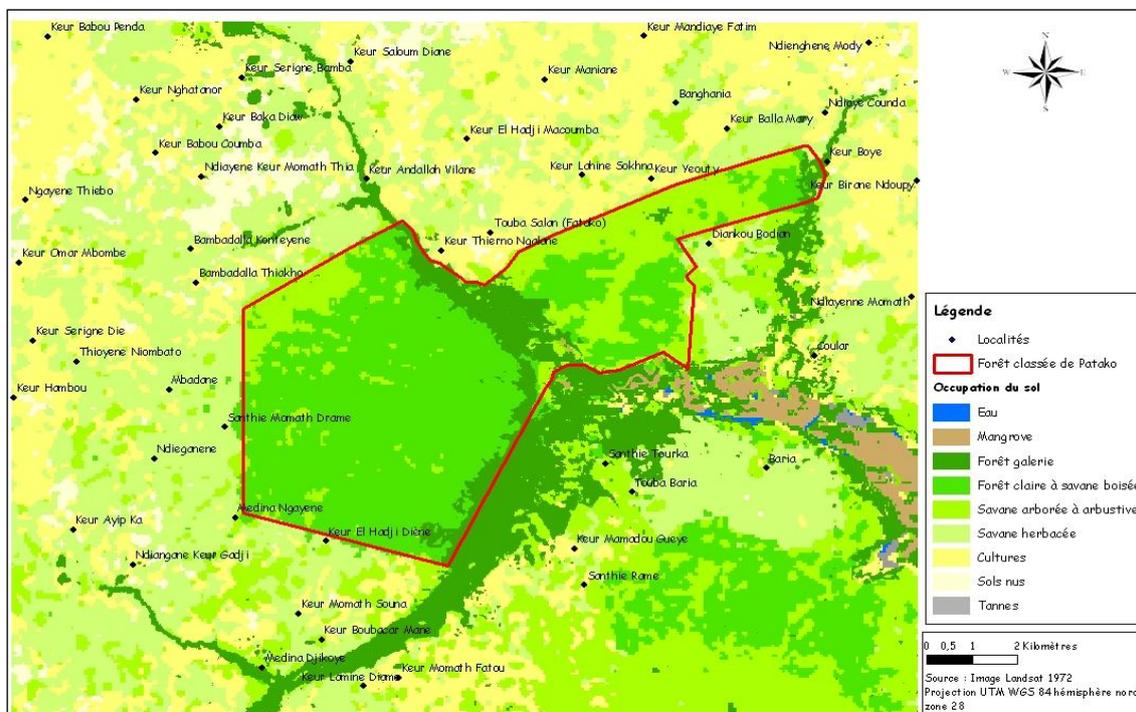
Classes thématiques	Données de référence									
	Fg	Mang	Eau	FcSb	Saa	Cult	Tannes	Sols n	Sherb	Omission
Fg	<b>100</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mang	0	<b>96.39</b>	0.61	0	0	0	0	0	0	3.61
Eau	0	3.61	<b>99.39</b>	0	0	0	0	0	0	0.61
FcSb	0	0	0	<b>99.62</b>	0.43	0	0	0	0	0.38
Saa	0	0	0	0.38	<b>99.57</b>	0	0	0	0	0.43
Cult	0	0	0	0	0	<b>98.51</b>	0	0	0	1.49
Tannes	0	0	0	0	0	0	<b>100</b>	0	0	0
Sols n	0	0	0	0	0	0	0	<b>97.83</b>	0	2.17
Sherb	0	0	0	0	0	1.49	0	2.17	<b>100</b>	0
Commission	0	0.53	4.14	0.38	0.43	0	0	0	5.26	
Précision globale	<b>96.05 %</b>									
Coefficient de Kappa	<b>0,95</b>									

### 2.3. État d'occupation des sols en 1972, 1988 et 2002

Les cartes d'occupation des sols sont données par les figures 4, 5 et 6. En 1972, le couvert végétal (mangrove, forêt galerie, forêt claire à savane boisée, savane arborée à arbustive, savane herbacée) a une superficie de 23 380 ha, soit 71 % de l'ensemble de la zone cartographiée. La savane herbacée avec 8 462 ha est le type de couverture le plus répandu.

Avec 8 304 ha, les cultures représentent 25,28 % de la superficie cartographiée. Les sols nus et les tannes sont très faiblement représentés. Avec 12 035 ha, les cultures constituent le type d'occupation du sol qui domine en 1988. On note une régression de la forêt galerie, de la forêt claire à savane boisée, de la mangrove, mais également de la savane herbacée. Par ailleurs, on note une extension de la savane arborée à arbustive. On note également une augmentation des sols nus. La même tendance se poursuit en 2002 avec les cultures qui occupent 13956 ha soit 42.5 %. La régression de la forêt galerie, de la forêt claire à savane boisée et de la savane herbacée se poursuit et la superficie de cette dernière n'est plus que de 4900 ha soit environ 15 %. Les sols nus et les tannes continuent à s'étendre.

**Figure 4 : Occupation des sols de la Forêt Classée de Patako et de sa périphérie en 1972**



**Figure 5 : Carte d'occupation des sols de la Forêt Classée de Patako et de sa périphérie en 1988**

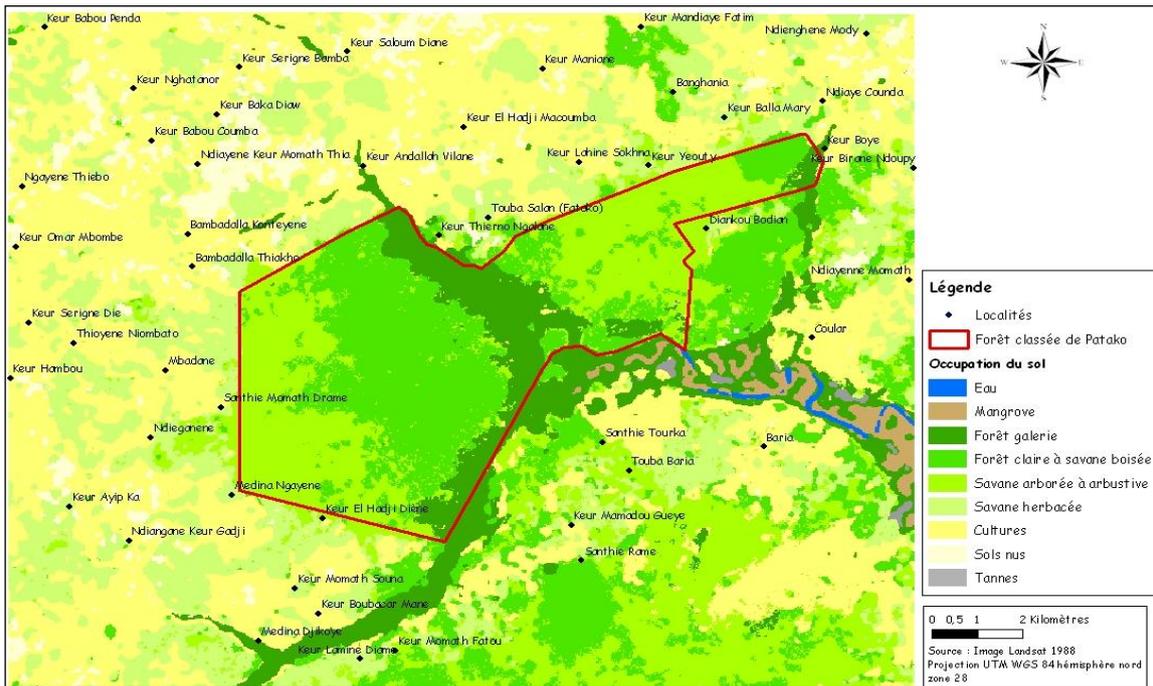
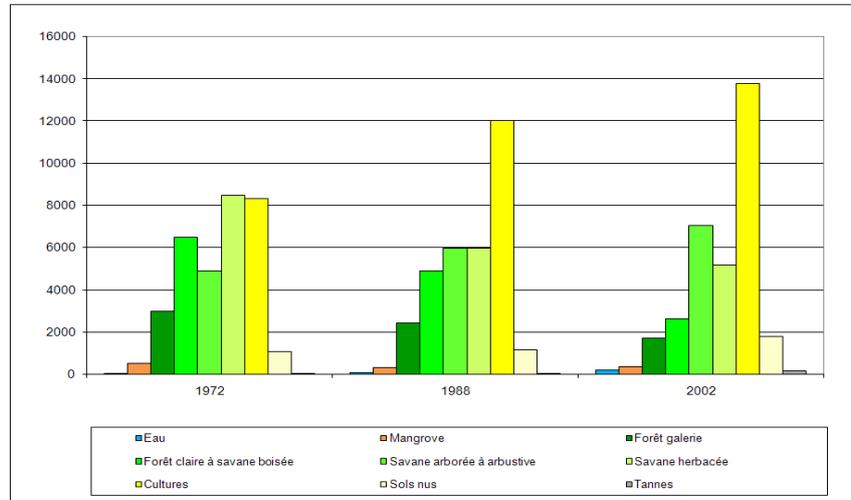


Figure 6 : Carte d'occupation des sols de la Forêt Classée de Patako et de sa périphérie en 2002



La figure 7 donne l'évolution de l'emprise des types d'occupation du sol

Figure 7 : Évolution de l’emprise des types d’occupation du sol



### 2.3. Les changements spatio-temporels

Les cartes de changement (figure 8 et 9) illustrent des cas de stabilité et surtout des cas de conversion et de modification.

Figure 8 : Carte des changements d’occupation des sols de la Forêt Classée de Patako et sa périphérie entre 1972 et 1988

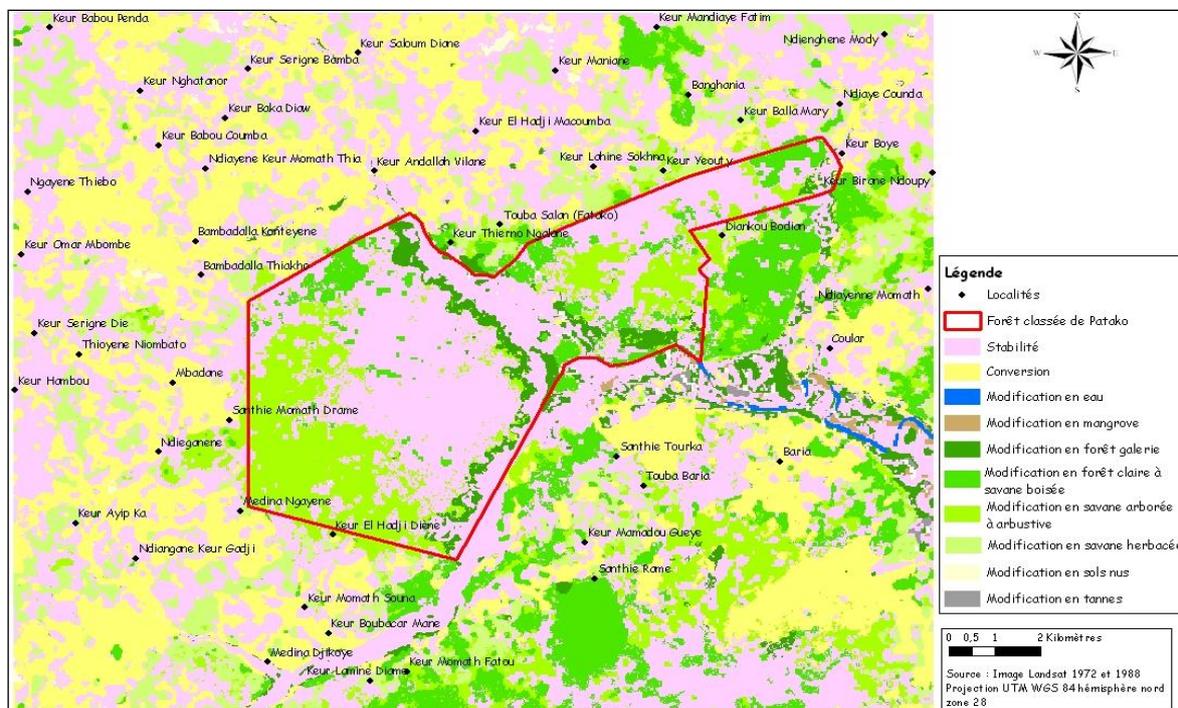
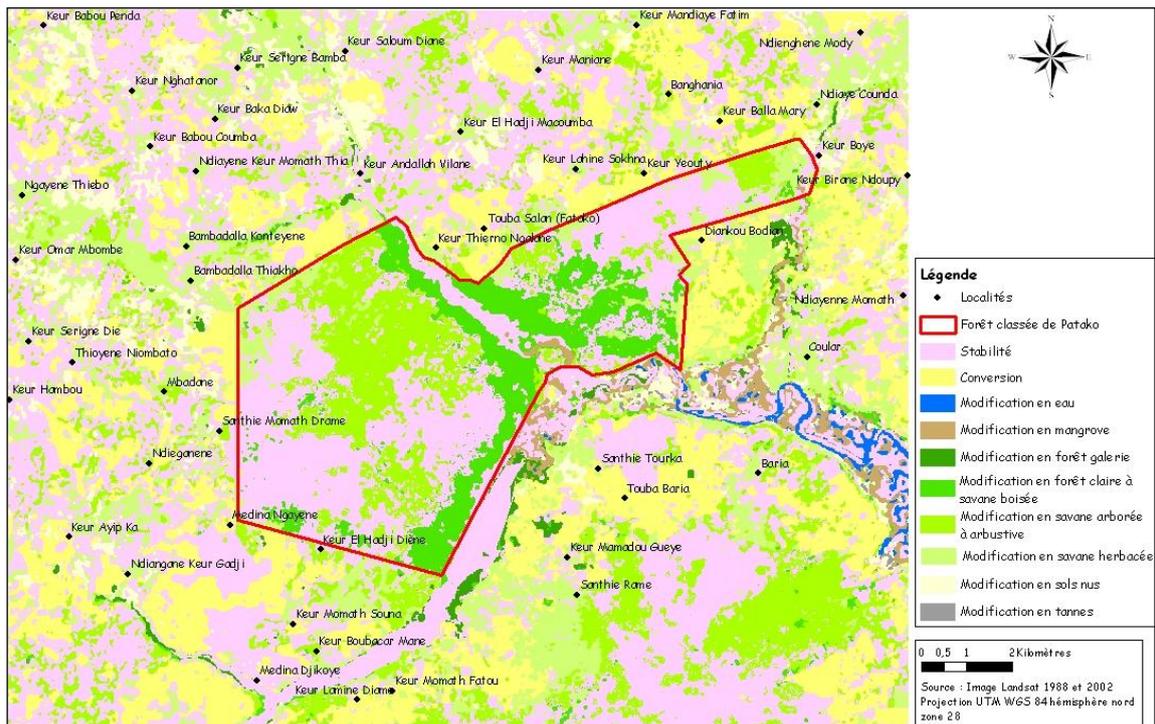


Figure 9 : Carte des changements d’occupation des sols de la Forêt Classée de Patako et sa périphérie entre 1988 et 2002



Le tableau 8 donne les tendances d'évolution de l'occupation du sol entre 1972 et 2002

**Tableau 8 : Tendances d'évolution de l'occupation du sol**

Tendances	1972-1988		1988-2002	
	ha	%	ha	%
Stabilité	14042	42,7	13073	39,8
Conversion	8776	26,7	6664	20,3
Modification	10047	30,6	13074	39,8

### 2.3.1. Conversion entre 1972 et 2002

L'augmentation de l'emprise agricole est considérable entre 1972 et 1988. En effet, durant la période 1972-1988 le développement de l'activité agricole a connu une évolution très rapide. La proportion de terres cultivées s'est accrue de façon spectaculaire. En effet 26,7 % de la superficie cartographiée ont été converties en zones agricoles, ce qui est très considérable d'autant plus que la Forêt Classée de Patako n'est pas concernée par ces conversions. La superficie convertie entre 1988 et 2002 est de 20,3 %.

### 2.3.2. Modification entre 1972 et 2002

Lorsqu'on interroge les populations sur l'évolution des paysages végétaux de leur terroir, tous insistent sur l'existence passée, de forêts toujours décrites comme denses et touffues, mais que la tendance actuelle est à leur dégradation voire disparition. Les transformations les plus importantes consistent en un remplacement de la forêt claire à savane boisée par la savane arborée à arbustive entre 1972 et 1988. En effet, 32,75 % de la forêt claire à savane boisée ont été modifiée par la savane arborée à arbustive. Durant la période 1988-2002, le processus de dégradation semble s'amplifier. On observe durant cette période, une réduction de 42,61 % de la forêt claire à savane boisée au profit de la savane arborée à arbustive plus ou moins dégradée. Les galeries forestières qui étaient plus ou moins étendues sont devenues très étroites. Les tendances d'évolution de l'occupation du sol sont consignées dans le tableau 8.

## 3. Discussion

Les valeurs de coefficient Kappa variant entre 0,92, 0,93 et 0,95 respectivement pour 1972, 1988 et 2002 montrent que les classifications réalisées sont fiables si l'on se réfère à l'échelle de Landis et Koch [17]. L'examen des résultats de la matrice de confusion classe par classe montre qu'au niveau des trois images, il n'y a pas eu globalement de fortes confusions entre les classes. Cela s'explique, d'une part, par la qualité des images et, d'autre part, par le choix des classes thématiques. En effet, le choix des classes thématiques repose non seulement sur les valeurs radiométriques des classes, mais aussi sur le choix des zones d'entraînement. Les données de terrain et la connaissance de la zone d'étude ont facilité les analyses et l'interprétation visuelle des images. Toutefois, la résolution de 30 m des images Landsat utilisées peut constituer une limite dans l'analyse spatiale, dans la mesure où elle peut avoir une influence sur la précision de la classification de petites superficies [18], mais également des zones de transition entre les classes. L'analyse de la dynamique de changement a fait ressortir une modification profonde de l'espace entre 1972 et 2002. Un des faits marquants dans la dynamique de l'occupation du sol est la diminution des zones de couverture végétale. Les transformations ont concerné pour une grande partie la mise en valeur des terres agricoles et l'exploitation des ressources forestières. Les zones de cultures occupent presque entièrement la périphérie de la forêt classée. La substitution pérenne de l'espace forestier par un espace à vocation agricole se caractérise par la perte de biodiversité. Dans la Forêt Classée, les facteurs de dégradation d'origine anthropique concernent les activités d'exploitation

forestière et les feux de brousse. Le besoin croissant en bois de chauffe et en bois d'œuvre entraîne des coupes anarchiques. Les formations végétales connaissent actuellement un appauvrissement considérable du fait de l'exploitation des essences de valeur. Les coupes sélectives des gros sujets réduisent radicalement les stocks de biomasse et le potentiel de séquestration de carbone. La variabilité climatique est l'un des principaux facteurs naturels des changements d'occupation du sol. Les sécheresses peuvent avoir un impact direct sur l'occupation du sol et perturber le cycle phénologique des végétaux [19, 20, 21]. Cette variabilité climatique a une influence sur les décisions humaines et entraînent des processus complexes menant à des changements d'occupation du sol. La dégradation de la végétation entraîne des répercussions en chaîne sur l'ensemble de l'écosystème. Aussi, le suivi de la dynamique de la végétation est fondamental pour une meilleure gestion de la Forêt de Patako.

### **Conclusion**

La cartographie de l'état de changement de l'occupation du sol de la Forêt Classée de Patako et de sa périphérie a révélé d'importantes mutations qui se traduisent globalement par une forte dégradation de la végétation. Ces changements sont dans une certaine mesure sous l'influence des conditions écologiques, mais force est de constater que c'est avant tout, l'Homme qui est à l'origine de ces mutations. Selon les types d'activités et leur intensité, les actions anthropiques ont contribué à modifier le milieu. L'évolution des usages a des effets d'autant plus importants sur la végétation que la croissance démographique a été soutenue depuis plusieurs décennies, autour de 3.5 % par an. Les pressions exercées sur ces ressources végétales font peser des menaces sur la biodiversité et constituent un défi majeur entre les impératifs de développement et de conservation. Les résultats de la présente étude pourront constituer une situation de référence sur l'état de la végétation pour le suivi à moyen et long terme de l'évolution de cette forêt par la mise en place d'un dispositif de suivi permanent. Les recherches devront être poursuivies avec des images spatiales plus récentes et de plus haute résolution. Le but final étant de mettre à la disposition des gestionnaires de la Forêt Classée de Patako des données scientifiques fiables pour l'amélioration de la gestion des ressources naturelles de cette forêt.

### **Références bibliographiques**

1. ROCHE P, 1998. Dynamique de la biodiversité et action de l'homme. Rapport ENV-SRAE – 94233, Paris, France. 6 p.

2. FAHRIG L, 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics* 2003; 34 : 487-515.
3. WALKER B, STEFFEN W, CANADELL J, INGRAM J, 1999. The terrestrial biosphere and global change. *Cambridge University Press*, Cambridge.
4. LAMBIN EF, TURNER BL, GEIST HJ, AGBOLA SB, ANGELSEN A, BRUCE JW, COOMES OT, DIRZO R, FISCHER G, FOLKE C, GEORGE, HOMEWOOD PS, IMBERNON J, LEEMANS R, LIN X, MORAN EF, MORTIMORE M, RAMAKRISHNA PS, RICHARDS JF, SKANES H, STEFFENT W, STONE GD, SVEDIN U, VELDKAMP TA, VOGEL C, XU J, 2001. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change*, 11:261-269.
5. LAMBIN EF, GEIST HJ, LEPERS E, 2003. Dynamics of land use and land cover change in tropical regions. *Annual Reviews of Environmental Resources* (28):205–241.
6. VERSTRAETE MM, BRINK AB, SCHOLES JB, BENISTON M, SMITH MS, 2008. Climate change and desertification: Where do we stand, where should we go? *Global and Planetary Change*, 64:105–110.
7. VERSTRAETE MM, SCHOLES RJ, SMITH MS, 2009. Climate and desertification: looking at an old problem through new lenses. *Frontiers in Ecology and the Environment*, doi: 10.1890/080119:9p.
8. GREPPERUD S, 1996. Population Pressure and Land Degradation: The Case of Ethiopia. *Journal of Environmental Economics and Management* (30):18-33.
9. BARBIER EB, 2000. The economic linkages between rural poverty and land degradation: some evidence from Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environment* (82):355–370.
10. SANKHAYAN PL, HOFSTAD O, 2001. A village-level economic model of land clearing, grazing, and wood harvesting for sub-Saharan Africa: with a case study in Southern Senegal. *Ecological Economics* (38):423–440.
11. MUCHENA, FN, ONDURU, DD, GACHINI GN, JAGER DA, 2004. Turning the tides of soil degradation in Africa: capturing the reality and exploring opportunities. *Land Use Policy* (In Press).
12. BENZ UC, HOFMANN P, WILLHAUCK G, LINGENFELDER I, HEYNEN M, 2004. Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information. *Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* (58):239–258.
13. MBOW C, 2009. Potentiel et dynamique des stocks de carbone des savanes soudaniennes et soudano-guinéennes du Sénégal. Thèse de doctorat d'Etat, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, 297p.

14. SARR MA, 2009. Cartographie des changements de l'occupation du sol entre 1990 et 2002 dans le nord du Sénégal (Ferlo) à partir des images Landsat. *Cybergeo : European Journal of Geography*, 2009. URL: [http:// www.cybergeo.eu/index22707.html](http://www.cybergeo.eu/index22707.html).
15. JULIEN A, CATHERINE M, 2008. Cartographie par télédétection des changements de la couverture végétale sur la bande littorale ouest-africaine : exemple des rivières du sud du delta du Saloum (Sénégal) au Rio Geba (Guinée-Bissau) *Revue Télédétection* 2008 ; 8: 93-118.
16. PRENZEL B, 2003. Remote sensing-based quantification of land-cover and land-use change for planning. *Progress in Planning* (61):281-299.
17. LANDIS JR, KOCH GG, 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometr* 33 : 159-74.
18. BAMBA I, 2010. Anthropisation et dynamique spatio-temporelle de paysages forestiers en République Démocratique du Congo. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 189p.
19. DICKIN E, WRIGHT D, 2008. "The effects of winter waterlogging and summer drought on the growth and yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.)", *European Journal of Agronomy*, 28 (3) : 234-244.
20. JI L, ET PETERS AJ, 2003. "Assessing vegetation response to drought in the northern Great Plains using vegetation and drought indices", *Remote Sensing of Environment* 87 (1) : 85-98.
21. KUEPPERS LM., SNYDER MA., SLOAN, LC, CAYAN D, JIN J, KANAMARU H, KANAMITSU M, MILLER NL, TYREE, M, DU H, WEARE B, 2008. "Seasonal Temperature response to land use change in the Western United States", *Global and Planetary Change*, 60 (3-4) : 250-264.