



**HAL**  
open science

# Paysages forestiers et agro-forestiers en changement dans la partie septentrionale des Rivières du Sud (Afrique de l'Ouest)

Julien Andrieu

► **To cite this version:**

Julien Andrieu. Paysages forestiers et agro-forestiers en changement dans la partie septentrionale des Rivières du Sud (Afrique de l'Ouest). Climat et société: Climat et occupation du sol; Actes des "journées de Climatologie", Mar 2010, Poitiers, France. hal-01292404

**HAL Id: hal-01292404**

**<https://hal.science/hal-01292404>**

Submitted on 23 Mar 2016

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Paysages forestiers et agro-forestiers en changement dans la partie septentrionale des Rivières du Sud (Afrique de l'Ouest)

Julien Andrieu<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Département GAED – UFR Espaces et cultures – Université Nice-Sophia Antipolis

<sup>2</sup>UMR ESPACE

Courriels : [julien.andrieu@unice.fr](mailto:julien.andrieu@unice.fr)

## Résumé :

La bande littorale de l'Afrique de l'Ouest entre le delta du Sine-Saloum et le Rio Mansôa correspond à la transition du soudanien vers le guinéen. Les paysages forestiers s'y différencient en fonction de trois critères : le gradient climatique nord-sud, l'alternance bas plateaux – bas-fonds – vasières et les pratiques sur ces milieux de différentes sociétés paysannes. L'article cherche à mettre en évidence les conséquences des fluctuations de la pluviosité de 1936 à nos jours sur la végétation dans ses trois dimensions : phénologique, floristique, paysagère.

Les paysages forestiers et agro-forestiers considérés ont notablement changé au cours des dernières décennies. Ces changements concernent, sous réserve d'études plus poussées, peu le contenu botanique. En revanche la phénologie, étudiée par le biais de la fluctuation dans le temps de l'indice normalisé de végétation et l'occupation du sol, étudiée par analyse diachronique d'images multispectrales, ont varié dans des proportions fortes. L'étude de quelques finages permet de reconstituer les trajectoires paysagères : la succession d'années très sèches de la période 1968-1995 a souvent le rôle d'élément déclenchant, mais ce sont les changements sociaux et économiques qui ont été déterminants en modifiant souvent profondément les pratiques. Celles-ci ne doivent cependant pas, pour autant, *a priori* être interprétées négativement comme une dégradation du couvert végétal.

## Abstract:

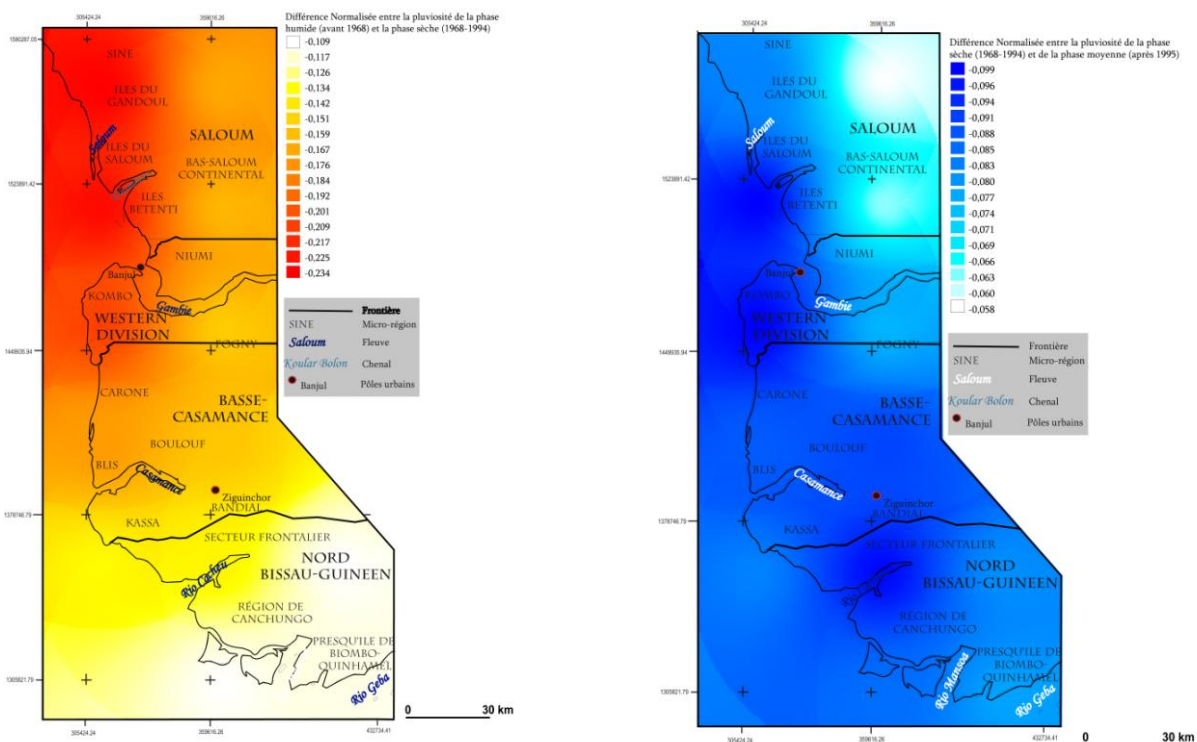
*The West African littoral strip between the Delta of Sine-Saloum and the Rio Mansôa corresponds to the transition from sudanese to guinean domains. Three criteria differentiate the wooded landscapes in this area : latitudinal climatic gradient, alternate occurrences of low plateaux and tidal mud flats, numerous practises of local rural societies. This paper aims to put the stress on the effects of rainfall fluctuations on vegetation within its three dimensions: phenology, flora and landscape.*

*West African forests and agriforests have been notably changing for the last decades. These changes have hardly touched the botanical composition of vegetation, although such a statement would need complementary studies. Phenology studied through normalized vegetation index time series and vegetation land-cover studied through multispectral images has shown important changes. The study of a few village territories help us reconstruct landscape trajectories : the sequence of very dry years during the 1968-1994 period often played the part of activating factor, but social and economical changes have been the decisive factor in deeply modifying the practises. This cannot be a priori interpreted in the negative way of a degradation of the vegetal cover.*

## Introduction

La partie septentrionale des Rivières du Sud (fig. 1) entre le delta du Saloum et le Rio Mansôa dans le nord de la Guinée-Bissau, en passant par la Gambie et la Casamance, constitue une bande de territoires où alternent vasières à mangrove et bandes de terre ferme couvertes par des savanes plus ou moins denses ou des palmeraies. La physionomie du couvert végétal y est assez largement dominée par des formations ligneuses, diversifiées en fonction de la latitude et de la topographie. Ces paysages connaissent peu les usages forestiers proprement dits (Pélissier, 1966). Lorsque les usages agricoles ou pastoraux l'emportent, cela a été traduit par le terme d'agroforesterie (Torquebiau, 2000).

Ces paysages connaissent aujourd'hui des changements (; Tappan *et al.*, 2004 ; Vasconcelos *et al.*, 2002) dont la nature et l'ampleur ne sont pas toujours bien précisées. Généralement, ces changements sont interprétés négativement comme signes d'une dégradation (Ndiaye, 1990 ; Avenard, 1969) qu'il est habituel d'attribuer, d'une part, à la longue période de péjoration des pluies (Heumann, 2007 ; Nicholson, 2005 ; Dai *et al.*, 2005 Le Barbé *et al.*, 1997 ; Diop *et al.*, 1997 Bassel, 1993);, d'autre part, aux transformations démographiques, sociales et économiques (Lericollais, 1989 ; Cormier-Salem, 1992 ; Cormier-Salem 1995 ; Wright, 2004 ; Sidibé, 2005). Le plus souvent, les deux facteurs sont envisagés conjointement (Sà, 1994 ; Ba *et al.*, 1999 ; Tappan *et al.*, 2004). Le facteur politique doit ici être ajouté sur un terrain morcelé en trois états qui ont connu des colonisateurs différents et qui ont parfois été encore récemment, en Casamance et dans le nord de la Guinée-Bissau, en proie à des troubles non sans conséquence sur les paysages forestiers.



**Figure 1 : Cartographie locale des fluctuations de la pluviosité depuis les données de Sultan (2000) a : à gauche avant et après 1968 ; b : à droite avant et après 1994.**

L'étude, dont il est ici proposé quelques résultats tente d'analyser les évolutions de la végétation directement reliées à l'impact des fluctuations du climat. En effet, la région, à l'instar de l'ensemble de l'Afrique de l'Ouest, a connu une diminution de la pluviosité à la fin des années 1968. La figure 1a montre que cette diminution mesurée entre les périodes 1950 - 1968 et 1968 - 1994 est de 10 % au Sud et de 25 % Au nord-ouest de notre zone d'étude.

Depuis les plus grandes sécheresses du début des années 1980, la tendance est plutôt à une reprise de la pluviosité, reprise plus nettement perceptible depuis le milieu des années 1990. La figure 1b montre que la région a connu entre la période 1968 – 1994 et la période 1994 – 2000 une reprise entre 5 % au nord-est et 10 % au centre et sud-ouest.

Nous présenterons les résultats de trois analyses des changements : une analyse temporelle du NDVI ; une analyse des changements de la composition floristique et une analyse diachronique de la couverture du sol par la végétation. Une synthèse plus systémique de l'évolution de deux finages villageois permettra de replacer le facteur climatique dans les évolutions des systèmes ruraux.

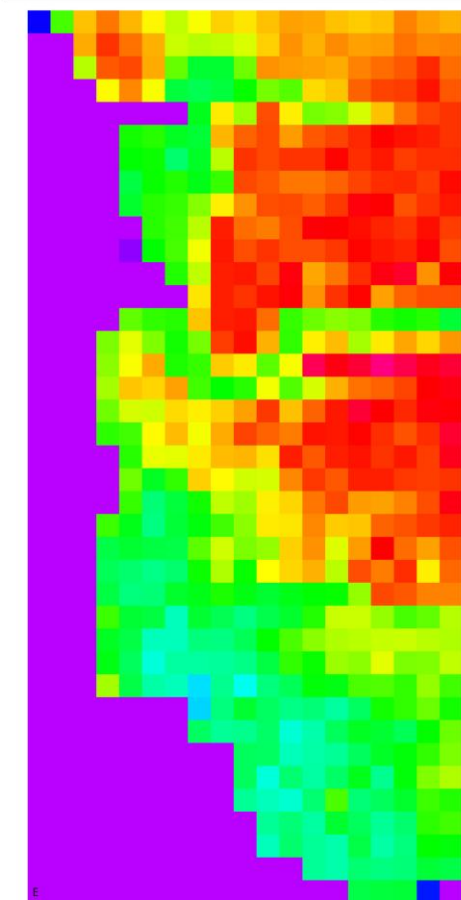
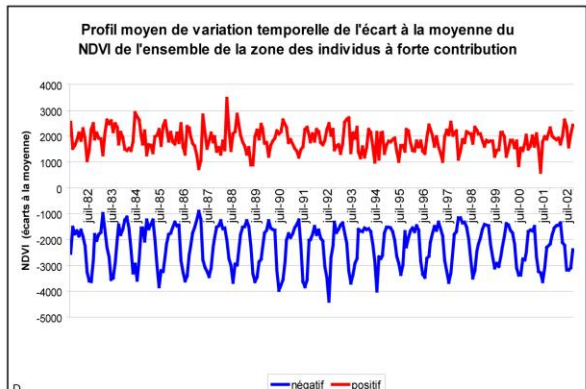
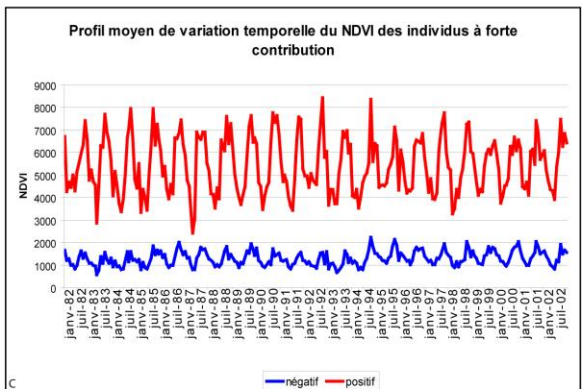
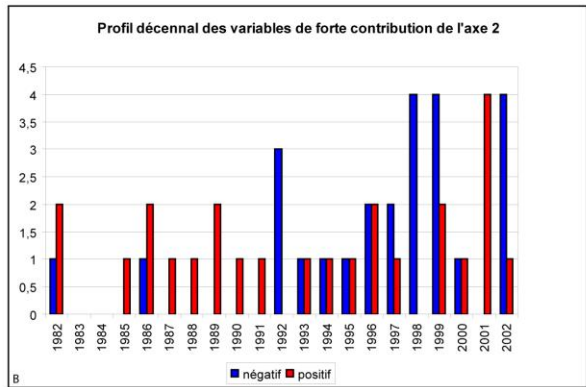
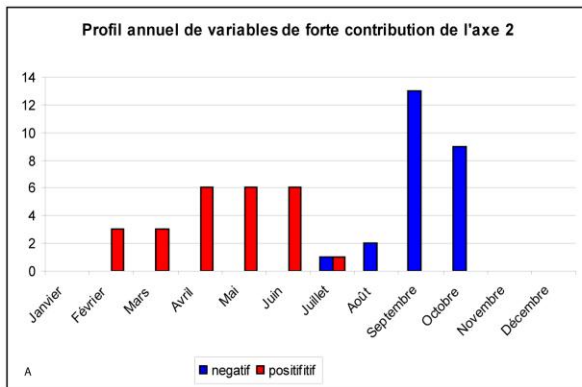
## **1. La végétation a-t-elle réagi à la fluctuation de la pluviosité par une variation de son activité photosynthétique ?**

### **1.1. Présentation synthétique de la méthode**

Les archives des satellites NOAA offrent de juillet 1981 à décembre 2006 des synthèses bimensuelles de l'indice normalisé de végétation (NDVI) échantillonnées à 8km de pixel. Les valeurs de NDVI des 703 pixels de la zone d'étude pour toute l'archive temporelle sont l'objet d'une Analyse en Composante Principale (A.C.P.) sur série temporelle dont les critères de lecture des axes sont donnés en figure 2.

### **1.1. Résultats**

Le Premier axe factoriel met en évidence le contraste de NDVI entre les forêts et les zones non végétalisées, les vasières dénudées hyperhalines notamment. Le deuxième axe met en évidence le gradient phytoclimatique nord-sud avec une saison des pluies de plus en plus courte du sud vers le nord. Le troisième axe oppose les mangroves au NDVI faible et régulier au centre-est de la zone aux saisons végétatives particulièrement contrastées. Le quatrième axe (figure 3) met en évidence les deux grandes tendances décennales : le centre-ouest (et les mangroves) qui entre 1981 et 2006 ont connu une nette progression de leurs valeurs de NDVI et le Sud qui est resté stable. Le nord montre, par ses coordonnées proches de l'origine, une légère augmentation.



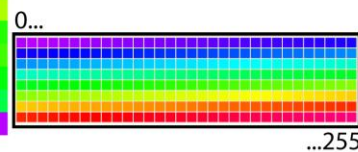
A : Profil annuel des variables à forte contribution. Sur les 10 % de variables à coordonnées négatives et à forte contribution et ceux à coordonnées positives et à forte contribution, on quantifie les effectifs des variables de chaque mois (quelle que soit l'année). Si les deux déciles montrent un profil annuel bien différent, la composante Principale met en évidence un contraste saisonnier.

B : Profil décennal des variables à forte contribution. Sur les 10 % de variables à coordonnées négatives et à forte contribution et ceux à coordonnées positives et à forte contribution, on quantifie les effectifs des variables de chaque année (quel que soit le mois). Si les deux déciles montrent un profil décennal bien différent, la Composante Principale met en évidence des années ou des groupes d'années significativement différents.

C : Profil moyen de variation temporelle du NDVI de individus à forte contribution. Sur les 10 % de pixels à coordonnées négatives et à forte contribution et ceux à coordonnées positives et à forte contribution, on calcule le NDVI moyen de chaque date. On peut ainsi représenter rapidement le profil temporel des deux extrémités de la Composante Principale. La différence entre les deux courbes permet donc d'interpréter les axes.

D : Profil moyen de variation temporelle de l'écart à la moyenne du NDVI de individus à forte contribution. Sur les 10 % de pixels à coordonnées négatives et à forte contribution et ceux à coordonnées positives et à forte contribution, on calcule, pour chaque date, l'écart des individus de forte contribution à la moyenne de l'ensemble de l'image. Quand les profils moyens semblent significativement similaires on peut ainsi exacerber les particularités des profils temporaires pour mieux interpréter les axes.

E : Image du profil spatial de la composante principale. Les coordonnées des pixels sur la composante principale sont ré-échelonnées de 0 (valeur négative minimale) à 255 (valeur positive maximale).



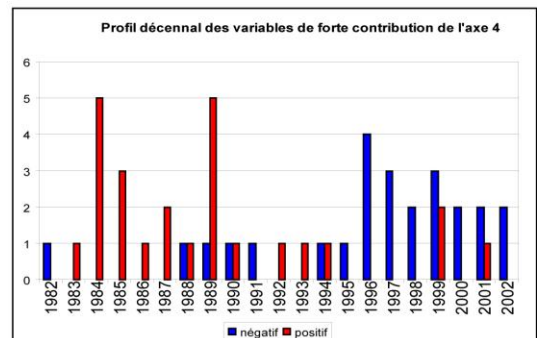
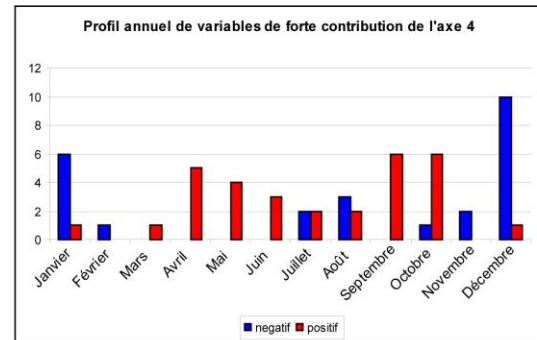
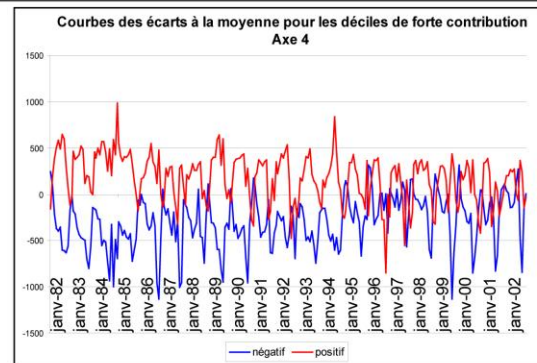
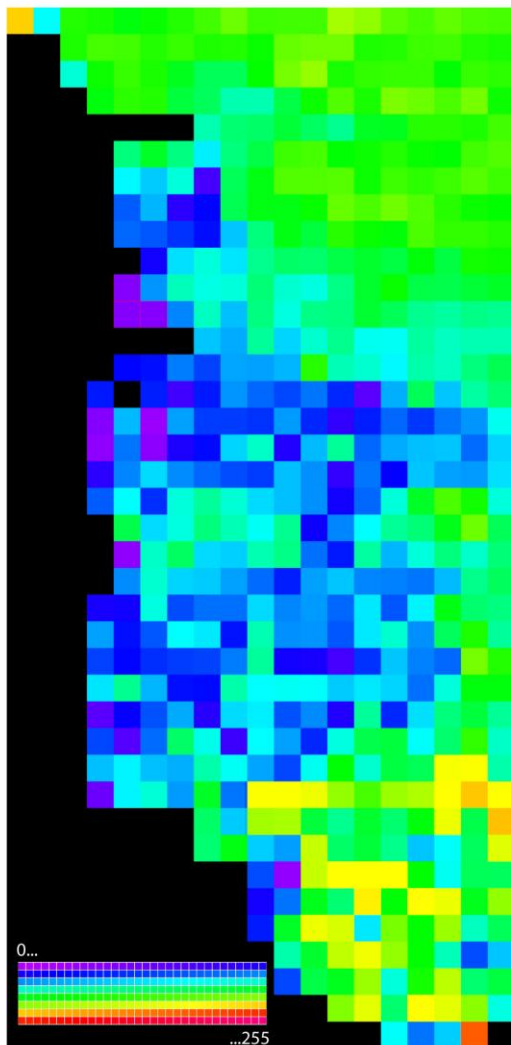
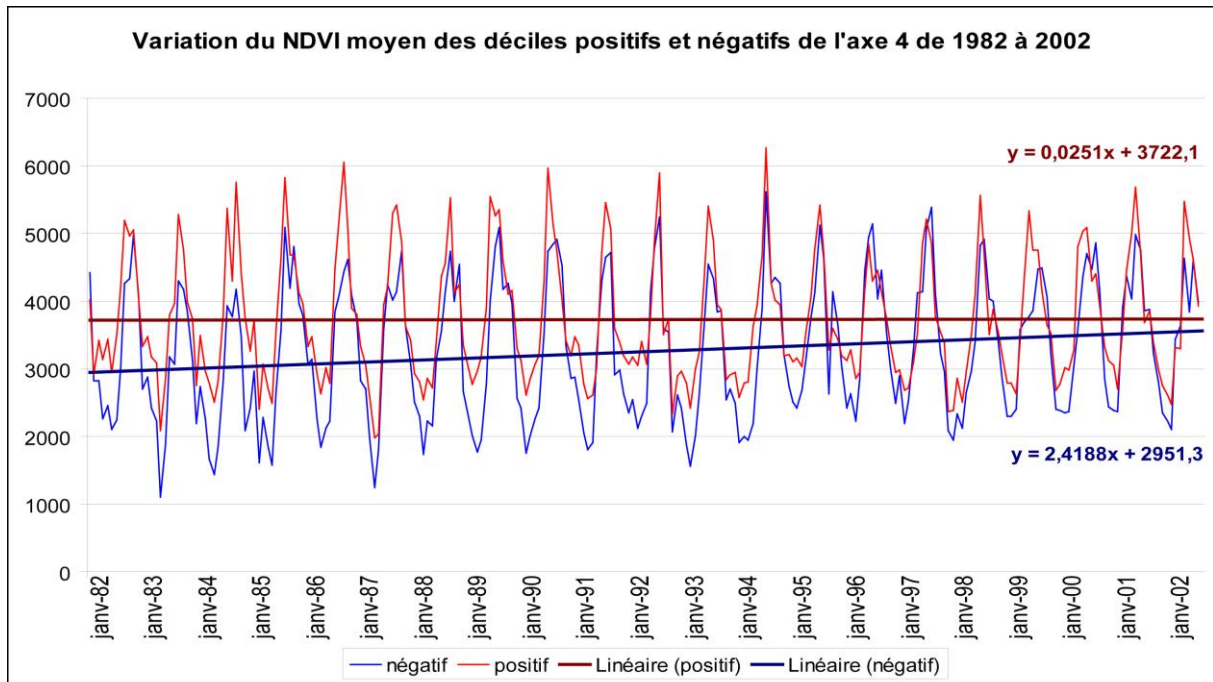


Figure 3 : quatrième axe factoriel de l'ACP. Il différencie les régions de stabilité et de reprise phénologiques entre 1982 et 2002

## 2. La végétation a-t-elle réagi à la fluctuation de la pluviosité par une variation de la distribution de certaines espèces ?

### 2.1. Présentation synthétique de la méthode

Si la végétation a réagi sur le plan phénologique il est justifié de tester cette réaction sur le plan floristique. Or, contrairement à l'analyse de série temporelle de l'activité chlorophyllienne, l'étude du contenu botanique de la végétation ligneuse est à envisager de façon différente suivant que l'on se situe dans les vasières à mangrove ou sur la terre ferme. D'une richesse floristique beaucoup plus réduite que celle du bassin indo-pacifique (Schnell, 1952 ; Tomlinson, 1986), la mangrove d'Afrique de l'Ouest ne varie guère dans sa composition du nord au sud de la zone considérée. Les mêmes six espèces de palétuviers sont présentes dans les régions étudiées : elles se distribuent, au sein de chaque estran, en fonction des gradients écologiques. La physionomie des individus varie du nord au sud, non la composition floristique qui reste uniforme.

La question n'est pas de même nature pour la flore de terre ferme : beaucoup plus diverse, sa composition varie suivant la latitude en fonction du climat ; ceci nécessite un dispositif adapté tant dans le mode de relevé que dans l'analyse dont le premier objectif est la mise en évidence de l'organisation spatiale de la végétation à l'échelle régionale. La perspective adoptée, proposée par Michel Lecompte (1986), a été testée autour de la Méditerranée (Alexandre et al., 1998) et dans les Alpes (Alexandre et al., 2002). Un transect discontinu (1 relevé linéaire de 500 m par kilomètre) a été effectué depuis la forêt classée de Sangako (sud-est du Sine-Saloum), là où, en 1940, Jean Trochain plaçait le début de la transition entre le domaine soudanien et le domaine guinéen jusqu'à la frontière entre le Sénégal et la Guinée-Bissau où Luiz Miguel Fazendeiro Catarino (2004) localise aujourd'hui cette transition floristique. Le transect restitue ainsi, à partir de 102 segments, la variation de la flore ligneuse continentale sur environ 160 kilomètres. Cette fraction de la flore (arbres, arbustes et buissons) est la meilleure intégratrice de la relation climat-végétation en ce qu'elle produit moins de « bruit » que la flore herbacée dont la composition est beaucoup plus sensible aux micro-variations du milieu, en particulier de nature édaphique. Par ailleurs il a été montré que les résultats obtenus pour la fraction ligneuse ne différaient pas de ceux concernant l'ensemble de la flore (Lecompte, 1986, , Alexandre, 1996, ). Pour la flore forestière soudano-guinéenne, A. Aubréville (1950) avait fait un choix identique.

152 espèces ligneuses ont ainsi été recensées. Des calculs probabilistes (Godron, 1966) ont été appliqués à ce jeu de données : la théorie de l'information appliquée aux analyses de la fréquence des espèces dans un lot de relevés offre, en effet, un outil précieux qui permet de décrire finement la structure spatiale de la flore. Par ailleurs, chaque relevé est accompagné de renseignements sur les principaux descripteurs écologiques (Emberger et Godron, 1968). Dans ce qui suit, la structure spatiale de la flore ligneuse est mise en relation avec le descripteur ressorti des analyses comme le plus efficace (quantité d'information de 2,77 sha) : le total annuel de précipitations évalué, pour chaque relevé, par interpolation spatiale des données stationnelles sur la période 1960-1995.

La probabilité élémentaire à calculer est celle de la table de contingence entre la présence ou l'absence de l'espèce et chacune des classes de pluviosité. L'information calculée est apportée par la connaissance du nombre de présences de chaque espèce dans chaque classe du descripteur. Plus cette distribution est exceptionnelle (exemple : *Ficus vallis-choudae* présente seulement dans les 3 relevés les plus méridionaux), plus l'information apportée est forte (probabilité entre 0,01 et 0,001 ; quantité d'information correspondante supérieure à 7 shannons), ce qui correspond à une liaison très significative avec la classe de pluviosité correspondante (total annuel supérieur à 1200 mm). Seules les espèces significativement liées à au moins une gamme pluviométrique sont présentées, le seuil de sélection est celui d'une liaison supérieure à 7 shannons.

Le descripteur 3 Pluviosité offre 2.77 shannons										
Codes :	825	875	925	975	1025	1075	1125	1175	1225	1275
Profil d'ensemble :	17	7	4	7	4	2	26	11	9	15
Acacia macrostachya	+++	.	.	.	.	.	.	.	---	---
Acacia sieberiana	+++	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Terminalia avicennoides	+++	.	+	.	.	.	.	-	.	--
Terminalia laxiflora	+++	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Ficus ingens	+++	.	.	.	.	.	-	.	.	.
Anogeissus leiocarpus	+++	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Daniella olivieri	++	.	.	.	.	.	.	.	.	---
Gardenia ternifolia	++	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Combretum nigricans	++	+	.	.	.	.	.	.	.	---
Ficus sycomorus	.	++	.	.	.	.	.	.	.	.
Pericopsis laxiflora	.	++	++	.	.	.	.	.	.	.
Ziziphus mauritiana	.	++	++	++	++	.	-	.	.	-
Albizia ferruginea	.	.	.	+++	.	.	.	.	.	.
Mitragyna inermis	.	.	.	+++	.	.	.	.	.	.
Parinari excelsa	.	.	.	++	.	.	.	.	.	.
Hannoa unduata	-	+	.	.	++	.	.	.	.	.
Ixora brachypoda	.	.	.	.	.	.	++	.	.	.
Erithrina senegalensis	.	.	.	-	.	.	++	.	.	.
Ficus dichranstylosa	.	.	.	.	.	.	+++	.	.	.
Smilax anceps	--	.	.	.	.	.	+++	.	.	.
Premna quadrifolia	.	.	.	.	.	.	.	++	.	.
Salacia senegalensis	.	.	.	.	.	.	.	++	.	.
Lannea acida	.	.	.	.	.	.	.	++	+	-
Strophantus sarmentosus	-	.	.	.	.	.	-	++	+	+
Landolphia heudelotii	---	.	.	-	.	.	.	++	+	+
Markhamia tomentosa	-	.	.	.	.	.	.	++	+++	.
Calicobolus heudeloti	.	.	.	.	.	.	.	.	++	.
Azelia africana	.	.	.	.	.	.	.	.	+++	.
Canarium schweinfurt	-	.	.	.	.	.	.	.	+++	.
Albizia adianthifolia	-	.	.	.	.	.	-	.	+++	++
Dialium guineense	---	-	.	+	.	.	--	++	+++	++
Combretum micranthum	--	.	-	.	.	.	.	.	++	+
Psychotria psychotioides	-	.	.	.	.	.	-	.	+	+++
Zantoxylum zathoxyloides	--	.	.	.	.	.	.	+	++	+++
Anacardium occidentale	.	.	.	.	.	.	--	.	.	+++
Mangifera indica	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+++
Sesbania sesban	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+++
Smeathmannia laevigata	---	.	.	.	.	.	.	.	.	+++
Anthocleista procera	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+++
Parinari curatellifolia	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+++
Elais guineensis	---	.	.	.	.	.	.	.	.	+++
Ficus polita	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+++
Ficus natalensis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++
Ficus Wallis-choudade	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++
Anthostema senegalensi	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++
Hoslundia oppositifolia	--	.	.	--	.	.	.	.	.	++
Landolphia dulcis	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++
Paullinia pinnata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++
Pseudospondias microcarpu	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++
Sterculia setigera	.	.	.	.	.	.	.	.	.	++

+++ liaison positive très significative	---	liaison négative très significative
++ liaison positive significative	--	liaison négative significative
+ liaison positive peu significative	-	liaison négative peu significative

**Tableau 1 : liaisons entre distribution et pluviosité**

Le tableau 1 présente les 47 espèces qui ont une liaison significative avec une gamme pluviométrique précise, les meilleures indicatrices *a priori* de la transition bioclimatique. Les espèces sont représentées en fonction du barycentre de leur distribution sur le transect.



En leur sein on sélectionne celle qui présente des limites nettes terminant des distributions d'une densité significative selon l'algorithme de l'information de début et de l'information de fin de présence sur le transect (Tableau 2)

	IFIN*	N	S
Anogeissus leiocarpus	21.2	*.***.....	
Terminalia laxiflora	19.3	*.*****.....*	
Ficus ingens	28.2	.***.***.....*	
Gardenia ternifolia	12.9	.*.***.*.....*	
Mitragyna inermis	12.5	*.....**	
Acacia sieberiana	12.2	***.....*	
Ozoroa insignis	17.4	*.***.....*.....*	
Ziziphus mauritiana	35.2	**.....*****.*	
Gmelina arborea	11.3	.....*.....**.....**.....*	
Terminalia macroptera	30.4	*****.***.....*	
Ixora brachypoda	10.3	.....**.....*.....*****	
Pericopos laxiflora	12.1	.....*****.....*	
Securidaca longepeduncula	13.9	**.*.***.*.*.....**.....*.....**	
Hymenocardia acida	10.3	.*.***.*.....*.....**.....**.....*	
Combretum glutinosum	18.1	*****.....*****.....**	
Combretum nigricans	13.5	.....*****.*.....*****.....*	
Acacia macrostachya	14.1	*****.....**.....**.....**.....**.....*	
Icacina senegalensis	15.6	*****.....*****.....**.....**.....*	
Clerodendrum sinuatum	11.6	**.....*****.....*****.....*****.....*	
Lannea veluta	10.9	.....**.....*****.....**.....**.....*	

\*Information de limite méridionale : indice de septentrionalité

**Tableau 1 : liaisons entre distribution et pluviosité**

## 2.2. Résultats

Sur le fil du gradient climatique, les espèces défilent suivant le modèle des groupes imbriqués en écailles (Godron, 1967) : les distributions spécifiques se chevauchent les unes les autres et l'on passe ainsi des espèces guinéennes aux espèces soudanaises puis aux espèces sahéliennes. On peut suivre la succession des groupes mis en évidence du sud vers le nord à mesure que le bilan hydrique défavorable élimine les espèces. Dans le détail, la composition est modulée par la topographie, ce qui rejoint les observations de J. Trochain (1940) qui a décrit la transition par le biais de stations contrastées pour la topographie et les sols : les stations basses, humides permettant à la flore guinéenne d'être présente plus haut en latitude au sein de stations hautes, sèches à végétation soudanaise. Il se dessine ainsi un continuum régional à deux facettes (Alexandre *et al.*, 1998 ; Andrieu et Godron, 2008), l'une, plus humide dans les bas-fonds, l'autre plus sèche sur les interfluviaux. Cette même structure s'observe aujourd'hui en rive Nord Gambienne.

La comparaison avec les relevés de J. Trochain (1940) paraît indiquer une certaine stabilité de la structure régionale d'ensemble :

<p><u><b>31 espèces communes aux deux dates :</b></u></p> <p><i>Acacia macrostachya, A. sieberiana, Albizzia zygia, Annona senegalense, Anogeissus leiocarpus, Bombax costatum, Cassia sieberiana, Cola cordifolia, Combretum glutinosum, Cordyla pinnata, Daniellia oliveri, Entada africana, Hymenocardia acida, Icacina senegalensis, Khaya senegalensis, Lannea acida, Lannea veluta, Parkia biglobosa, Prosopis africana, Pterocarpus erinaceus, Sclerocarya birrea, Securidaca longepedunculata, Strychnos spinosa, Terminalia avicennioides, Terminalia macroptera, Combretum nigricans, Ozoroa insignis, Vitex madiensis, Dichrostachys cinerea, Piliostigma sp. Lannea microcarpa, Ficus gnaphalocarpa.</i></p> <p><u><b>7 espèces relevées en 2005, et non relevées en 1936, bien que relevées plus au nord :</b></u></p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

*Hannoa undulata*, *Ziziphus mauritiana*, *Fluegge virosa*, *Calotropis procera*, *Mitragyna inermis*, *Macrosphyra longistyla*, *Guiera senegalensis*.

3 espèces relevées en 1936, et non relevées en 2005, bien que relevées plus au sud :

*Ficus glumosa*, *Pericopsis laxiflora*, *Lophira lanceolata*.

8 espèces relevées en 2005, et non relevées en 1936, bien que présentant une distribution qui ne permette pas une comparaison (omniprésente, très rare, présences différentes plus vers l'intérieur des terres...):

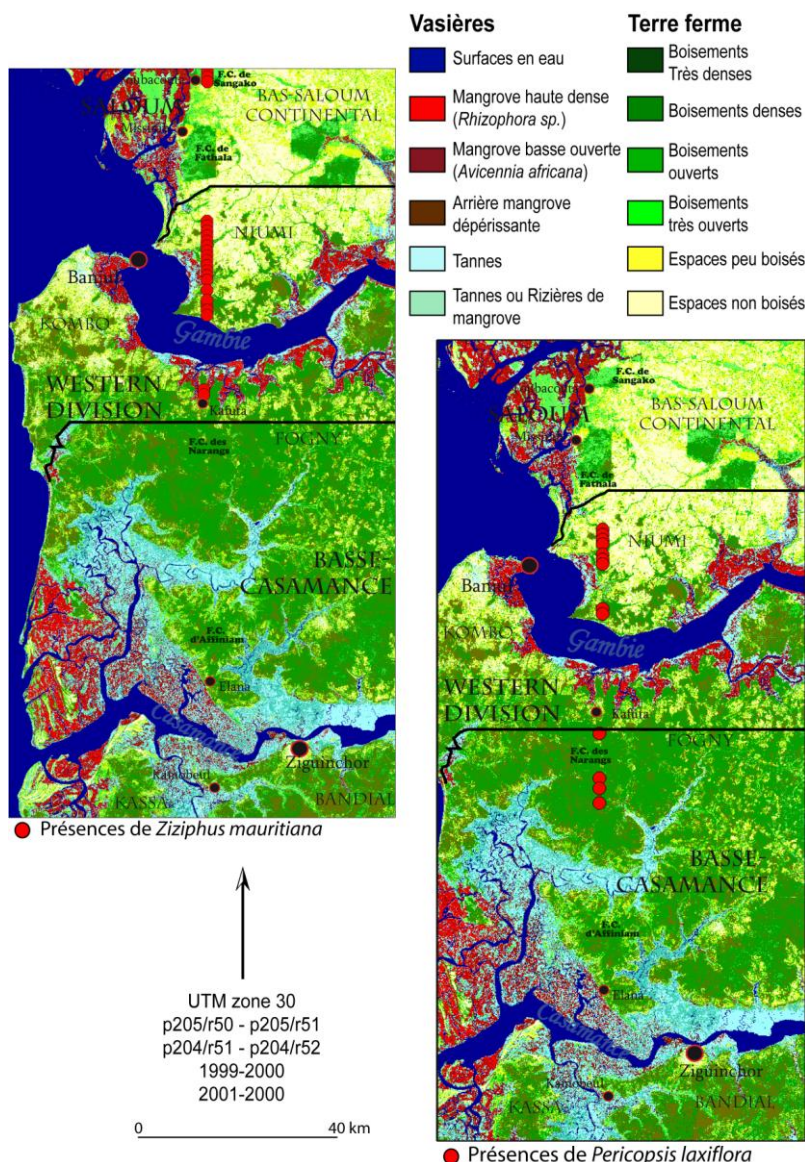
*Detarium micranthum*, *Erythrina senegalensis*, *Spondias monbin*, *Syzygium guineense*, *Erythrophleum suaveolens*, *Borassus flabellifer*, *Cordia sinensis*, *Sarcocephalus latifolius*.

5 espèces totalement absentes des relevés de 1936 :

*Andira inermis*, (Importée) *Azadirachta indica* (importée), *Psorospermum senegalense* (rare), *Bridelia micrantha*, *Terminalia laxifolia*

3 espèces totalement absente des relevés de 2005 :

*Trichilia emetica* (rare), *Maytenus senegalensis*, *Ximenia americana* (Importée).



La confrontation entre l'analyse diachronique 1936 – 2004 et la sélection des espèces qui en 2004 montrent une liaison significative avec la pluviosité et une distribution à la limite géographique significative isole 3 espèces sur 152. Seules *Ziziphus mauritiana*, *Pericopsis laxiflora* (Figure 4) et *Fluegge virosa* sembleraient avoir pu connaître une migration qui puisse être liée aux fluctuations de la pluviosité.

Figure 4 : carte de distribution de *Ziziphus mauritiana* et de *Pericopsis laxiflora* dont la distribution est particulièrement bien reliée à une gamme de pluviosité.

### 3. La végétation a-t-elle réagi à la fluctuation de la pluviosité par une variation de la couverture du sol par les formations boisées ?

#### 3.1. Présentation synthétique de la méthode

Pour compléter le raisonnement, c'est maintenant l'évolution de la dimension paysagère de la végétation qui va être ici examinée. L'analyse d'images satellite multispectrales à haute résolution est un bon outil pour cartographier à l'échelle régionale des grands types d'occupation du sol et de couvert végétal. La modestie ici s'impose : il n'est déjà pas si aisé de distinguer sur ces images ce qui est boisé de ce qui ne l'est pas, au moins sur terre ferme. Pour les raisons évoquées ci-dessus, il existe, en effet, une infinité d'intermédiaires entre le couvert ligneux dense, le couvert ligneux ouvert, les formations à dominante herbacées fermées ou ouvertes, formant une mosaïque aux pièces faiblement contrastées sur le terrain comme sur les images qui traduisent l'état de surface. Dans l'optique d'une analyse diachronique, l'adaptation à cette complexité n'est pas la démultiplication des classes de la typologie de la carte à établir, mais au contraire son extrême simplicité : eau, mangrove, vasières non boisées (tannes et rizières), espace boisé de terre ferme, espace non boisé de terre ferme. L'approche par classification non dirigée est la seconde réponse à cette complexité. La classification automatique des pixels discrétise l'ensemble en fonction de l'homogénéité des classes.

L'interprétation des courbes radiométriques permet ensuite de définir, pour chaque classe, si l'espace est boisé ou non. La limite entre boisé et non boisé est établie grâce à l'existence de seuils radiométriques au niveau des rapports respectifs entre la luminance de la fin du visible et celle du proche infrarouge et entre ce dernier et l'infrarouge à ondes courtes. Les observations de terrain révèlent que ces seuils correspondent à un boisement d'un taux de recouvrement de 20 à 30 %.

Cette classification s'est révélée solide et adaptée à l'ensemble de la zone (Andrieu et Mering, 2008). En outre, sa simplicité permet une analyse rétrospective sur une trentaine d'années. Nous disposons ici d'une couverture assez homogène (années et saisons) pour la fin des années 1970, la fin des années 1980 et le début des années 2000. Le croisement des cartes d'occupation du sol mène à la carte de la *cinématique* de l'occupation du sol (fig. 2 et 3) et à la quantification des types de changement (Tableau 1).

#### 3.2. Résultats

	entre 79 et 86-88	entre 86-88 et 99-2000-2001
<b>Terre ferme (en% de la terre ferme)</b>		
non boisé* aux deux dates	30,6	29,5
boisé* aux deux dates	50,4	50,3
progression du boisement	9,2	11,0
régression du boisement	9,9	9,2
<b>Vasières (en % des vasières)</b>		
sol nu aux deux dates	39,3	43,0
mangrove aux deux dates	37,7	41,6
progression de la mangrove sur les tannes ou les rizières	7,2	6,6

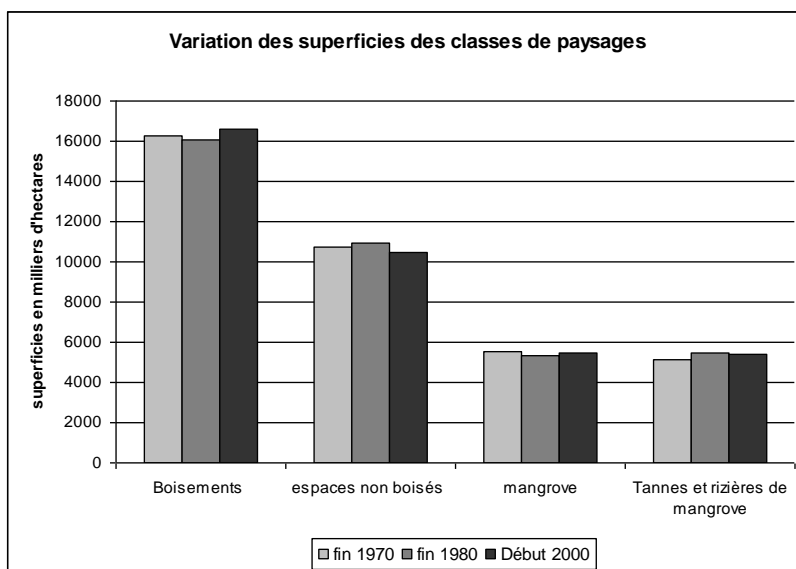
<b>progression des tannes sur la mangrove ou endiguement</b>	10,3	5,9
<b>progression de la mangrove vers l'eau</b>	3,1	1,2
<b>progression de l'eau sur la mangrove</b>	1,8	0,4

\*Boisé = taux de recouvrement des ligneux > 25 % ; Non boisé = taux de recouvrement des ligneux < 25 %)

**Tableau 3 : quantification des changements et superficie**

Sur la carte (figure 6), un fort pourcentage (20 %) de l'espace apparaît en changement, tant entre la fin des années 1970 et la fin des années 1980 qu'entre la fin des années 1980 et le début des années 2000. Ceci étant, notamment sur terre ferme, ces changements peuvent n'être que temporaires. A chaque date, à l'échelle régionale, progressions et régressions des boisements s'équilibrent quasiment pour la mangrove comme pour les espaces boisés de terre ferme.

Le bilan global (figure 5) montre cependant, dans le détail, une diminution des superficies boisées dans la période de péjoration pluviométrique et une augmentation de celles-ci durant la reprise des pluies (et le reverdissement observé par l'analyse temporelle du NDVI). Cette tendance est la même pour les boisements de terre ferme et pour les mangroves.



Mais les variations sont faibles et il est impossible d'affirmer que c'est là un effet des fluctuations de la pluviosité.

Figure 5 : variation des superficies boisées et non boisées.

Northing  
 1594324.70  
 Easting  
 298751.78

Northing  
 1594324.70  
 Easting  
 387499.72



UTM, Zone 28 N

A partir d' images LANDSAT  
 P 205 - R 050 1979 - 1988 - 1999  
 P 205 - R 051 1979 - 1986 - 2000  
 P 205 - R 051 1979 - 1988 - 2000  
 P 204 - R 052 1979 - 1988 - 2001

<b>Terre ferme</b>	Boisements stables	■	Non boisé stable	■
	régression boisements	■	Ancien	Temporaire
	progression boisements	■	■	■
<b>Interface Eau/mangrove</b>	Mangroves stables	■	eau stable	■
	régression mangroves	■	■	■
	progression mangroves	■	■	■
<b>Interface mangroves / tannes ou rizières</b>	Tannes ou rizières stable	■		
	régression mangroves	■	■	■
	progression mangroves	■	■	■
	eau/mangrove/tanne	■	erreurs	■



Northing  
 1296455.97  
 Easting  
 299083.42

Northing  
 1296455.98  
 Easting  
 430459.57

Figure 6 : Carte de la cinématique des paysages (1979-1988-2001)

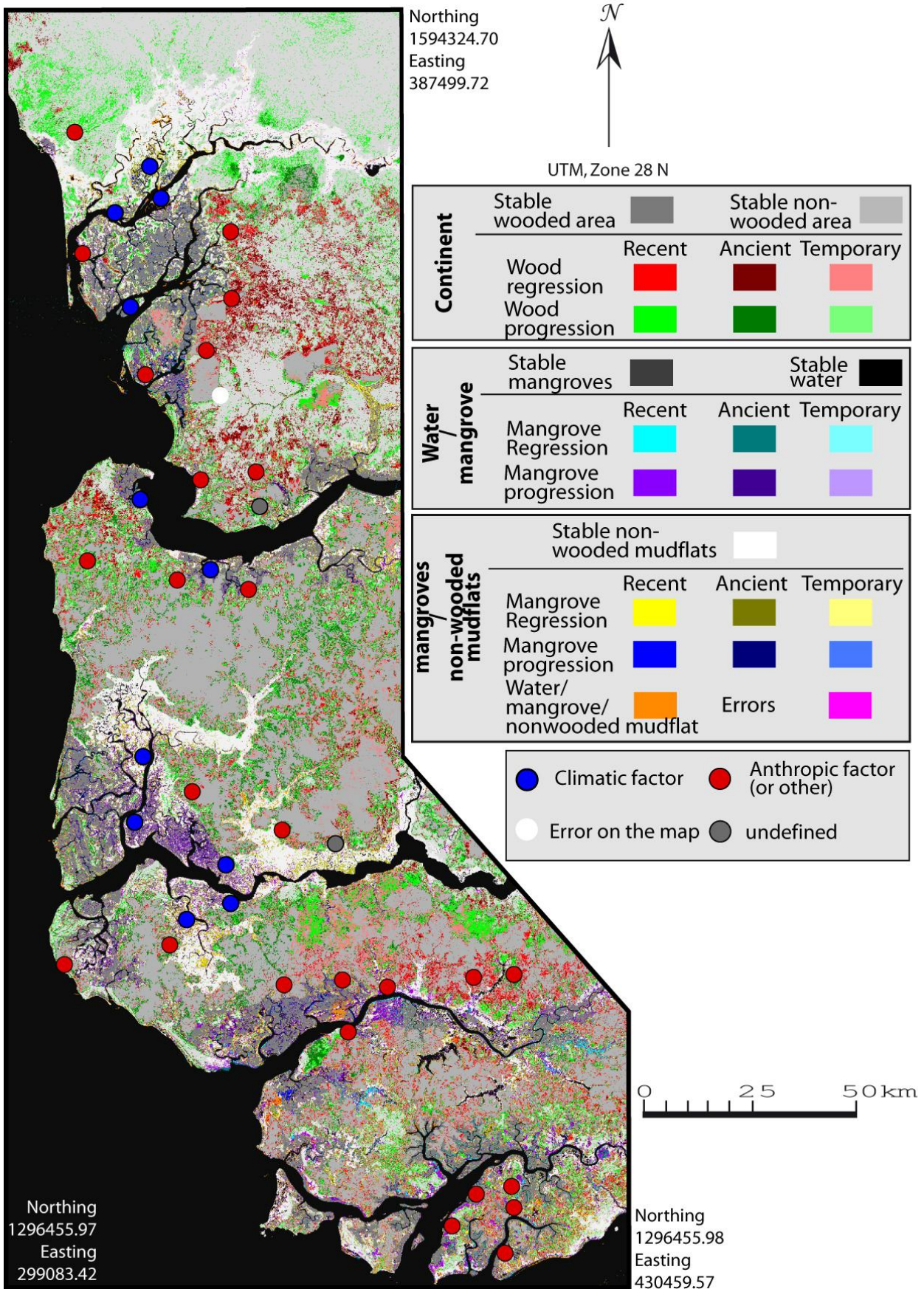
Or, ce bilan global masque de grosses disparités régionales : celles-ci apparaissent moins à l'échelle des grands bassins versants (Saloum, Gambie, Casamance, Nord de la Guinée-Bissau) qu'à celle de petites régions qui trouvent leur unité dans des facteurs ethnologiques ou naturels. Ainsi le Sine et les îles du Gandoul sont-ils caractérisés par la combinaison de la régression des mangroves et de la progression des boisements en terre ferme. La mangrove en régression dans le nord du delta du Saloum recule surtout par progression des tannes sur la mangrove. Le processus de tannification est lié à l'augmentation du sel et de l'acidité des sols par allongement des phases d'assèchement et par augmentation de la salinité des eaux libres (Vieillefon, 1977 ; Marius, 1985). Le taux de boisement en progression en arrière du delta dans le Sine l'est particulièrement dans les îles et les bas-fonds où les rizières sont abandonnées.

A l'inverse, dans le Bas-Saloum continental et le Niumi, les boisements de terre ferme régressent. Deux explications sont avancées pour ce phénomène : le défrichement de forêts classées ou des boisements limitrophes (Sidibé, 2004) et la dégradation des systèmes agroforestiers (Lericollais, 1989). En revanche, la mangrove est caractérisée par une stabilité assez remarquable, seule l'arrière-mangrove reculant localement, la tannification étant ici limitée.

Le Fogny gambien et casamançais présente des évolutions plus contradictoires qui se traduisent par une mosaïque complexe de tâches de stabilité, et de changements, le long des routes ou au contact avec les vasières. Loin des routes et des villages, les boisements sont stables sur de plus grandes superficies. Dans le Fogny gambien, les mangroves présentent, à l'instar des secteurs centraux et méridionaux du Saloum, une matrice stable et des taches linéaires de régression de la mangrove à la limite avec les tannes.

En Casamance, la mangrove a régressé à l'amont et progressé dans le secteur central (de Ziguinchor à la confluence du fleuve Casamance et de la rivière Diouloulou, surtout en rive nord). Dans la partie sud de la région, les boisements de terre ferme ont nettement progressé en proportion inverse de la régression notée de l'autre côté de la frontière au nord du Rio Cacheu.

En Guinée-Bissau, les presqu'îles de Canchungo et de Biombo-Quinhamel sont caractérisées par la stabilité des mangroves, voire à leur progression du fait de l'abandon de rizières (Ecoutin *et al.*, 1999) quelques secteurs de régressions sont au contraire liés aux nouveaux endiguements. En terre ferme on retrouve une mosaïque d'espaces non boisés aux deux dates, et de changements qui peuvent être tant durables et significatifs d'un changement réel, comme la mise en place de vergers d'anacardiers (Vasconcelos *et al.*, 2002), que cycliques et marquée d'une stabilité des usages, comme la culture itinérante sur brûlis.



Il résulte de la campagne d'explication des changements par les analyses de terrain que seules les dynamiques de la mangrove des trois deltas septentrionaux résultent directement de la fluctuation de la pluviosité.

## 4. Comment la fluctuation de la pluviosité est-elle rentrée en interaction dans les systèmes ruraux avec les autres facteurs d'évolution ?

En complétant cette approche par des relevés botaniques dans les cas de figure obtenus (progression, stabilité, régression) et par des enquêtes auprès des villages, on passe de la *cinématique* des paysages à une analyse de la *dynamique* des anthroposystèmes et à ses causes naturelles (fluctuations de la pluviosité) ou anthropiques (croissance démographique, changements dans les pratiques). On passe aussi d'une analyse proprement spatiale à une analyse systémique en termes de territoires.

### 4.1. Bani

En marge du delta du Saloum, Bani a des activités surtout tournées vers le continent comme en témoigne le faible nombre de pirogues. Les boisements y sont exploités sous forme de coupes d'éclaircies ou de coupes sur des placettes de petite taille (de 4 à 400 m<sup>2</sup>) où la régénération est ensuite bonne (Ackermann *et al.*, 2007). Bani est située entre les forêts classées de Sangako-Toubacouta au nord et de Fathala au Sud. Ces forêts sont aujourd'hui illégalement utilisées comme parcours pour les troupeaux ou pour extraction du bois de feu. Entre les forêts classées, l'espace agricole est continu de finage en finage. Sur sols sableux, le terroir est destiné en alternance au mil, culture vivrière et à l'arachide, culture de rente. Au milieu des champs, subsistent de grands arbres d'espèces fruitières (*Cola cordifolia*) ou permettant d'enrichir les sols (*Parkia biglobosa*, *Faidherbia albida*) et de jeunes arbres d'espèces vendues en pépinières (*Eucalyptus camaldulensis* et *Azadirachta indica*). Les champs sont cultivés dès le début de la saison des pluies, les chaumes des cultures sont vouées au pâturage et les arbres sont émondés à la saison des cultures où les ressources fourragères sont les plus faibles. Sur sols argileux, le terroir est une agroforêt à Cailcédrat (*Khaya senegalensis*) sous laquelle des cultures plus exigeantes en eau ont lieu, riz dans les bas-fonds inondés plusieurs semaines, maïs, sorgho dans les secteurs moins humides.

Le village a été confronté, dès la fin des années 1960 à la sécheresse. Le terroir agricole, autrefois largement complanté, a connu, au cours des années de sécheresse accrue, une transformation : aux cultures exigeantes en eau se sont substitués, en alternance, le mil et l'arachide. Dans le même temps, le labour attelé a mené à la destruction d'une grande partie des arbres et arbustes des paysages agricoles (Lericollais, 1982). Ainsi y a-t-il eu conversion d'agroforêts en terroirs agricoles non boisés et, globalement, une diminution de la couverture boisée dans les terroirs agricoles. Face à l'effondrement des cours de l'arachide, les agriculteurs ont, par ailleurs, fait le choix, comme dans l'ensemble du Sénégal, de l'extensivité : cultiver de plus grandes superficies pour contrer les aléas climatiques, ceux du commerce international, pallier l'absence d'intrants et d'un outillage performant (Sidibé, 2005). Ces défrichements ont ici consommé les derniers espaces boisés ni agroforestiers ni classés par l'état.

Dans le même temps, les règles progressivement renforcées notamment dans le cadre de la réserve de Biosphère du Delta du Saloum ont entraîné une certaine protection de la mangrove ce qui a contribué au recul de l'exploitation (modeste) du bois de palétuvier ; les coupes se sont reportées sur les forêts classées et sur les arbres des terroirs agricoles. Cette pression, cumulée à celle des troupeaux, à l'action des feux de brousse et à l'expansion non souhaitée du Neem (*Azadirachta indica*), espèce exogène, a amené une forte dégradation de l'ensemble des paysages de terre ferme du finage de Bani, dégradation que l'on retrouve dans le reste de la région du Saloum.



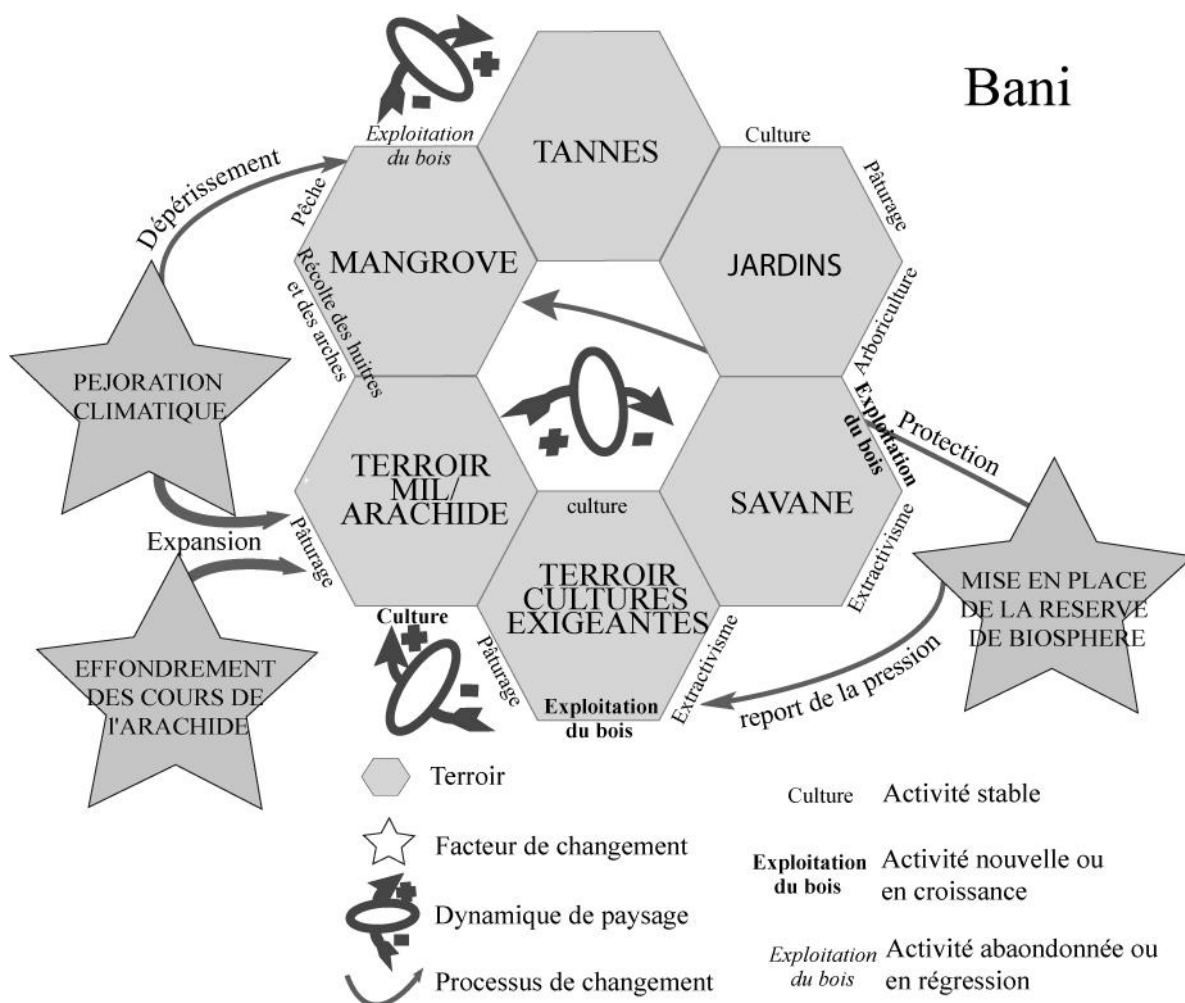


Fig. 5 : Dynamique des paysages du village de Bani

## 4.2. Brefet

Brefet, village gambien situé à quelques dizaines de km au sud de Bani, s'en rapproche par le climat et les sols : le finage est, lui-aussi au contact entre vasière et terre ferme. Ici, cependant, des rizières occupent la partie haute de l'estran et le terroir agroforestier est absent. *A priori*, ni l'Etat ni les organisations internationales n'y ont laissé de structures de gestion forestière.

Les villageois de Brefet, confrontés eux-aussi à la sécheresse et à l'effondrement des cours de l'arachide, y ont répondu par un choix tout différent. D'une part, la culture de l'arachide (et du mil) a été abandonnée sur une partie des terres qui ont été mises en friche, ce qui a permis de mieux concentrer les apports en fumure sur les parcelles encore cultivées. D'autre part, un effort tout particulier a été déployé sur la riziculture qui s'est étendue sur les formations végétales ouvertes à *Phoenix reclinata* voisines.

Au début des années 1990, une nouvelle méthode de gestion forestière s'est introduite dans la région. Il a été attribué à une certaine partie du finage boisé un caractère communautaire et créé deux comités, un comité de gestion et un comité de surveillance. Des règles strictes et adaptées de prélèvement ont été mises en place et appliquées, les feux de brousse ont été éliminés de la région, toute forme d'exploitation non gérée par le village interrompue et le pâturage contrôlé. L'application de ces simples règles a eu un impact remarquable sur les paysages boisés et sur le village. La densification du boisement a, tout d'abord, été sensible. L'absence de feux de brousse et le contrôle du pâturage a mis fin à l'élimination quasi systématique des recrûs forestiers, menant à la mise en place d'une strate de jeunes arbres, généralement absente dans les savanes

soudaniennes. Cette gestion forestière a aussi favorisé le développement du village. A Brefet, l'activité forestière a permis l'éclairage des rues et la construction d'un campement écotouristique. Ce mode de gestion qui s'est répandu de village en village a permis, dans toute la région, une modification de la perception que les villageois portent aux espaces boisés. Il existe aujourd'hui dans les finages gambiens (et seulement ici) un espace à vocation sylvicole dont le patrimoine forestier est à gérer durablement.

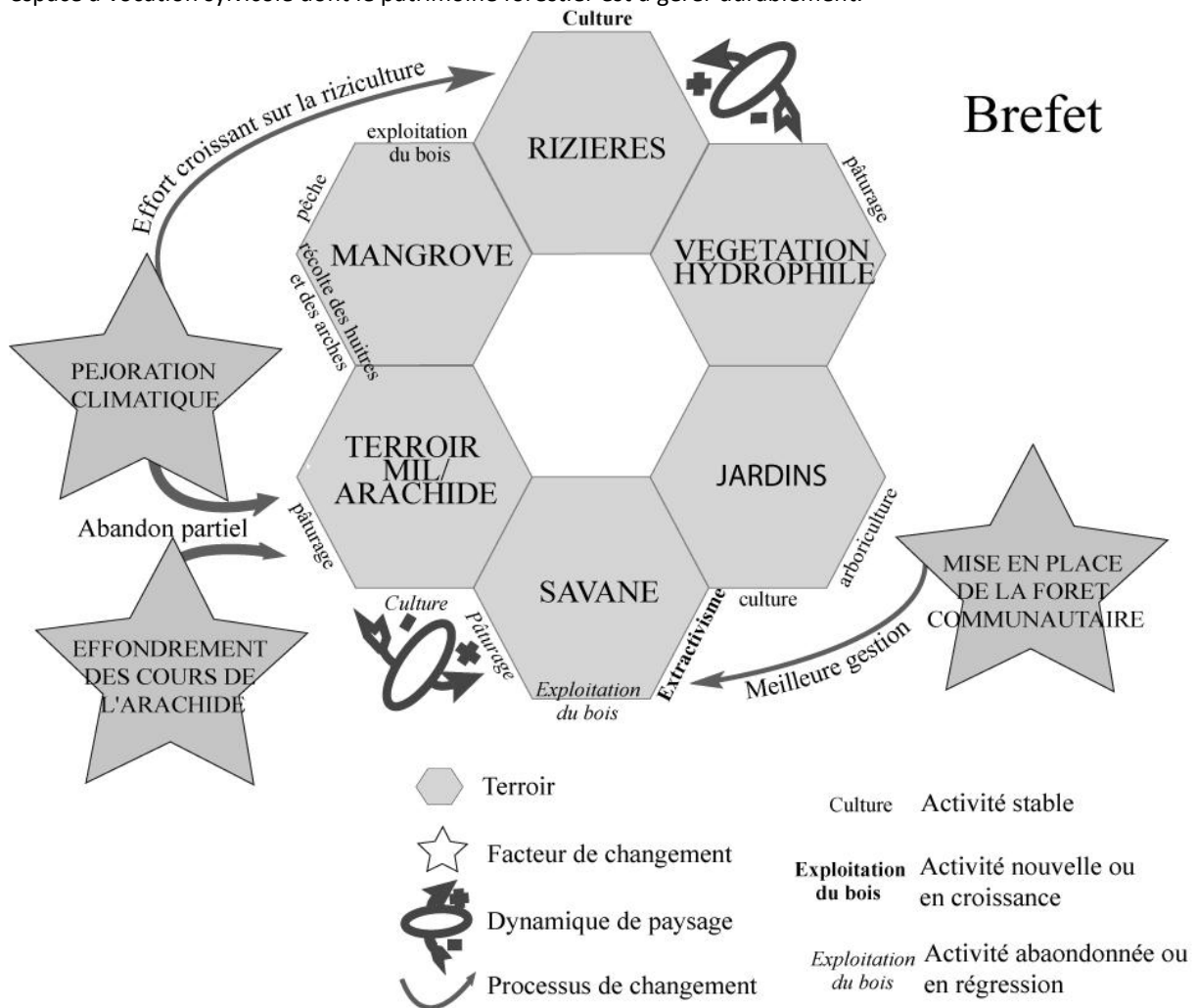


Fig. 6 : Dynamique des paysages du village de Brefet

## 5. Discussion et conclusion

### Conclusion :

Si l'on considère les surfaces boisées, on aurait pu s'attendre à une dégradation importante de celles-ci à la suite de la longue succession d'années de pluviosité plus faible que la moyenne ; celles-ci ne se constatent pas de façon significative ni dans la physionomie ni dans la composition floristique ; on peut cependant noter le recul de la mangrove par tannification dans les secteurs où le système hydrologique a été affecté et agit comme catalyseur des effets de la sécheresse par sur-salinisation des sols. Ailleurs, les effets des fluctuations du climat sont beaucoup plus indirects et se combinent aux transformations des systèmes ruraux comme l'a montré l'étude des quelques finages pris en exemples.

## **BIBLIOGRAPHIE :**

- ACKERMANN Gabriela, ALEXANDRE Frédéric, ANDRIEU Julien, MERING Catherine, OLLIVIER Claire (2007) : Dynamique des paysages et perspective de développement durable sur la Petite Côte et dans le delta du Sine - Saloum (Sénégal), *Vertigo*, 7(1) : 15 p.
- ALEXANDRE Frédéric (1996) : *Entre Midis méditerranéenne et atlantique, une transition phytoclimatique du Languedoc à l'Aquitaine*. Paris (Université Paris 7 – Denis-Diderot) : Travaux du Laboratoire de Géographie physique (n° 24), 175 p.
- ALEXANDRE Frédéric, GENIN Alain, LECOMPTE Michel (1998) : Seuils biologiques et limites climatiques en Méditerranée occidentale », *Revue de Géographie de Lyon*, 73, 1, 33-43.
- ALEXANDRE Frédéric, COHEN Marianne, GENIN Alain, LECOMPTE Michel (2002) : « Essai phytogéographique dans les Alpes occidentales entre Rhône et Pô », *L'Espace géographique*, 31, 2-2002 : 153-162.
- AVENARD Jean-Michel (1969) : *Réflexions sur l'état de la recherche concernant les problèmes posés par les contacts forêts - savane*. Paris : ORSTOM éditions (Série Initiation-Documentations Techniques, n°14), 154 p.
- BARUSSEAU Jean-Paul, BA Mariline, DIOP Salif (1999) : *L'environnement physique*, in CORMIER-SALEM Marie-Christine éd. : *Rivières du Sud : sociétés et mangroves ouest africaines*. Paris : IRD éditions, 33-61.
- BASSEL Mohamadane (1993) : *Conséquence durable de deux décennies de sécheresse : l'hypersalinisation de la Casamance entre 1987 et 1992..* Dakar : Université Cheikh Anta Diop, département de géographie, 23p.
- BASSET Thomas J., BOUTRAIS Jean (2000) : « Cattles and Trees. Contesting forestry in West Africa ». C. M. Reginald Cline-Cole London, Ashgate :, 242-263.
- BERTRAND Frédéric (1991) : *Contribution à l'étude de l'environnement et de la dynamique des mangroves de Guinée. Données de terrain et apport de la télédétection*. Bordeaux, Université de Bordeaux III, 201 p.
- BOADEN Patrick J. S., SEED Raymond (1996). *An Introduction to coastal ecology*. London : Blackie academic and professional. 224p.
- BRAQUE René (1988) : *Biogéographie des Continents*. Paris : Masson, 470 p.
- CATARINO Luis Miguel Fazendeiro (2004) : *Fitogeografia da Guiné-Bissau*. Lisbonne : Universidade técnica de Lisboa (thèse de doctorat en agronomie), 440 p.
- CORMIER-SALEM Marie-Christine (1992) : *Gestion et évolution des espaces aquatiques : la Casamance*. Paris : ORSTOM éditions. 583 p.
- CORMIER-SALEM Marie-Christine (1995) : *Du riz, des poissons, des hommes. Stratégies paysannes des populations littorales de Rivières du Sud (Du Sénégal à la Sierra Leone). Résumé pour "Quel avenir pour les riziculteurs de l'Afrique de l'ouest ?"* Bordeaux (1996), 6 p.
- DA LAGE Antoine, METAILIE Georges éd. (2000) : *Dictionnaire de Biogéographie végétale*, Paris : CNRS Editions, 579 p
- DAI Aiguo, LAMB Peter J., TREBERTH Kevin E., HULME Mike, JONES Philip D., XIE Pingping (2005) : The recent Sahel Drought is real, *International Journal of climatology*. 24 : 1323-1331
- DIOP El Hadj Salif (1990) : *La côte Ouest africaine : du Saloum (Sénégal) à la Mellacorée (Rép. Guinée)*. Paris : ORSTOM éditions, 379 p.
- DIOP El Hadj Salif, SOUMARE Arona, DIALLO Mamadou, GUISSÉ Aliou (1997) : Recent changes of the mangroves of the Saloum River Estuary, Senegal, *Mangroves and salt marshes*, 1(1997): 163-172.
- DIOUF SYLLA Awa (2006) : *Dynamique de l'occupation du sol et logique de gestion des ressources naturelles dans la forêt de Kassas (Kaolack)*. Dakar : Université Cheikh Anta Diop, Institut des Services de l'Environnement, 120 p.
- ECOUTIN Jean-Marc, BARRY Mamadou Billo, BOUJU Stéphane, CHARLES-DOMINIQUE Emmanuel, JOURNET Odile, PENOT Eric, RUE Olivier, SOUARE Daouda, SOW Mamadou (1999) : *Aménagement technique du milieu*, in CORMIER-SALEM M.-C. éd. : *Rivières du Sud : sociétés et mangroves ouest africaines*. Paris : IRD éditions, 209-268.
- EMBERGER Louis, GODRON Michel dir. (1969) : *Code pour le relevé méthodique de la Végétation et du Milieu*. Paris, C.N.R.S., 292 p.
- FAIRHEAD James, LEACH Melissa (1995) : « False Forest History, Complicit Social analysis : Rethinking Some West African Environmental narrative ». *World Development*, 23(6) : 1023 - 1035.
- GODRON Michel (1966) : *Une application de la théorie de l'information à l'étude de l'homogénéité et de la structure de la végétation*. Montpellier : CNRS-CEPE, 67 p.
- GODRON Michel (1967) : « Les groupes écologiques imbriqués en écailles », *Æcologia plantarum*, 3 (3), 217-266.
- LE BARBÉ Luc, LABEL Thierry (1997) : « Rainfall climatology of the HAPEX Sahel region during the years 1950-1990 J. Hydrol., 43(73): 188-189.

- LECOMPTE M. (1986) : *Biogéographie de la montagne marocaine : le Moyen-Atlas central*. Paris : Editions du CNRS (Mémoires et Documents de Géographie), 202 p.
- LERICOLLAIS André (1989) : « La mort des arbres à Sob en Pays serer (Sénégal) », in Coll. : *Tropiques : lieux et liens : florilège offert à Paul Pélissier et Gilles Sautter*. Paris, ORSTOM éditions, 187-197.
- MARIUS Claude (1985) : *Mangroves du Sénégal et de la Gambie : écologie, pédologie, géochimie : mise en valeur et aménagement*. Paris, ORSTOM, 357p.
- NDIAYE, 1990 IN DEGRADATION DES PAYSAGES EN AFRIQUE D L'OUEST DIR, RICHARD.
- NICHOLSON Sharon (2005) : On the question of the "recovery" of the rains in the West African Sahel, *Journal of Arid Environment*, 63: 615-641.
- PELLISSIER Paul (1966) : *Les Paysans du Sénégal : les civilisations agraires du Cayor à la Casamance*. Saint-Yrieix : Fabrègue, 939p.
- RAMADE FRANÇOIS (2002, 2<sup>e</sup> édition) : *Dictionnaire encyclopédique de l'Écologie et des Sciences de l'Environnement*. Paris : Dunod, 1075 p.
- SCHNELL Roland (1961) : « Le problème des homologies phytogéographiques entre l'Afrique et l'Amérique tropicale », *Mémoires du muséum d'histoire naturelle*, B(II) : 137-241
- SIDIBE Mamady (2005) : *Migrants de l'arachide, la conquête de la forêt classée de Pata (Casamance, Sénégal)*. Paris : IRD éditions, 301 p.
- TOMLINSON Philip B. (1986) : *Botany of mangroves*. Cambridge : Cambridge University Press, 440 p.
- TORQUEBAU Emmanuel (2000) : « A renewed perspective on agroforestry concepts and classification », *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 323(11) : 1009-1017.
- TROCHAIN Jean (1940). *Contribution à l'étude de la végétation du Sénégal*. Dakar : IFAN / Paris : Larose (coll. Mémoires de l'Institut français d'Afrique noire : 2), 433 p.
- VASCONCELOS Maria José P., MUSSÀ BIAI J. C., ARAÚJO Antonio, DINIZ Maria Adelia (2002) : « Land cover change in two protected areas of Guinea-Bissau (1956 - 1998) », *Applied Geography*, 22 : 139-156.
- VIELLEFON, Jacques (1977) : *Les sols des mangroves et des tannes de Basse Casamance (Sénégal)*. Paris, ORSTOM éditions, 291 p.
- WRIGHT, Donald R. (2004). *The World and a Very Small Place in Africa. A history of globalization in Niimi, The Gambia*. New York : M. E. Sharpe / Armonk. 278 p.