

# COMMENTAIRE DE LA CARTE DES CHANGEMENTS DE L'OCCUPATION DU SOL DANS LES RIVIÈRES-DU-SUD

par Julien ANDRIEU

UMR 8586 PRODIG  
2 rue Valette 75005 Paris  
Courriel : julien.andrieu@univ-paris-diderot.fr

---

*La carte des changements de l'occupation du sol dans les régions septentrionales des Rivières-du-Sud montre, depuis la fin des années 1970, des changements nombreux puisqu'ils concernent plus de 30 % de la superficie étudiée. Cependant il en résulte un bilan neutre entre les zones de progression et celles de régression de la couverture ligneuse. Cet équilibre se retrouve tant entre la fin des années 1970 et le milieu des années 1980 qu'entre le milieu des années 1980 et le début des années 2000. Il existe au sein des vasières comme dans la terre ferme. En effet, on peut retrouver sur la carte un maillage micro régional où l'évolution est homogène au sein d'une région, mais diffère d'une région à l'autre.*

Les objectifs de cet article sont, premièrement, de présenter en détail les nombreux changements de l'occupation du sol qu'ont connus la région, grâce à une cartographie multiscalaire ; deuxièmement, d'analyser la carte et de quantifier les changements à différentes échelles, ce qui permettra de discuter de l'échelle d'analyse adaptée à de tels processus de changement. La zone d'étude est une portion du littoral de l'Afrique de l'Ouest allant du delta du Saloum (Sénégal) au rio Gebâ (Guinée-Bissau). Il s'agit de la partie nord d'une région caractérisée par une succession de deltas et d'estuaires et appelée les Rivières-du-Sud (Cormier-Salem 1999). Les vasières littorales sont occupées par la mangrove (Guiral et al. 1999) sauf dans les secteurs les plus salés et acides où se développent les tannes (Sow et al., 1999), et dans les secteurs aménagés en rizières (Ecoutin et al. 1999). En arrière des vasières s'étend la terre ferme où se succèdent du nord au sud les paysages sahélo-soudanais, puis soudano-guinéens (Trochain 1940 ; Aubréville 1950 ; White 1986). Ces paysages végétaux varient en densité et par leur aménagement : quelques espaces forestiers, une grande majorité d'espaces agroforestiers très hétérogènes et quelques espaces purement agricoles (Tappan et al 2000 ; Andrieu et Alexandre 2009).

La région connaît de nombreux changements dont la plupart ont déjà été mis en évidence et étudiés :

- la dégradation des formations de mangrove (Diop 1990 ; Sadio 1991 ; Marius 1995 ; Monrotri 1996 ; Ba et al 1999 ; Sow et al. 1999 ; Dahdou-Guebas et Koedam 2001),

- l'endiguement de la mangrove (Vasconcelos et al. 2002 ; Sà 1994),
- l'exploitation forestière de la mangrove (Sà 1994, Bâ et al. 1999 ; Marius 1985 ; Diouf, 1996 ; et Guiral et al. 1999),
- les défrichements agricoles en terre ferme (Foury 1953 ; Pélissier 1966 ; Brasseur 1972 ; Sidibé 2005 ; Wood 2004 ; Tappan et al. 2000),
- le développement de l'anacardier en Guinée-Bissau (Vasconcelos et al. 2002),
- la dégradation des agroforêts soudano-sahéliennes (Lericollais 1989 ; Camara 1997),
- l'abandon et l'enfrichement de certaines zones agricoles (Bosc 2004).

L'objectif de cette cartographie et de son commentaire est de spatialiser et de quantifier l'ensemble de ces changements par l'analyse de la couverture boisée. Pour l'atteindre, l'article présente le commentaire multiscalaire d'une carte dont la méthode a été présentée dans un précédent article (Andrieu et Mering 2008), ce qui explique qu'elle n'est ici que brièvement exposée. L'écologie du paysage à travers les indices de fragmentation offrant un outil d'aide à l'analyse de la carte, la méthode de calcul de deux indices est également présentée. L'accent est ensuite mis sur l'interprétation de la carte, son analyse spatiale et la quantification des changements qui en est tirée, dans un deuxième temps à l'échelle macro régionale et dans un troisième temps, à l'échelle micro régionale.

# 1 Méthode

## 1.1 Méthode de cartographie des changements

Pour couvrir la zone d'étude, quatre images LANDSAT sont nécessaires, une couverture assez homogène (années et saisons) pour la fin des années 1970, la fin des années 1980 et le début des années 2000 (tableau 1).

L'analyse d'images multispectrales du satellite LANDSAT est conçue pour distinguer les formations ligneuses, denses ou ouvertes, des formations pas ou très peu ligneuses au sein d'une infinité d'intermédiaires de densité et de hauteur et de composition botanique. L'adaptation à cette complexité n'est pas dans la démultiplication des classes de la typologie choisie, au contraire, le choix d'une extrême simplicité garantit la stabilité du résultat d'une image à l'autre et la reproductibilité de l'opération. La typologie est donc la suivante : eau, mangrove, vasières non boisées, espaces boisés de terre ferme, espaces non boisés de terre ferme.

L'approche par classifications non dirigées emboîtées est la seconde réponse à la complexité de la mosaïque de formations végétales. Une première classification par la méthode des Nuées dynamiques (Diday 1971) à quinze classes permet une première distinction (imparfaite) des zones boisées et non boisées pour les vasières et la terre ferme. L'interprétation des courbes radiométriques permet d'attribuer chaque classe à l'un des cinq types d'occupation du sol. Il existe en effet un seuil radiométrique 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 taux de recouvrement ligneux de 20 à 30 %. Une fois cette première distinction effectuée, la classification des pixels est améliorée par une deuxième classification, réduite cette fois à une classe de pixels. Cette deuxième classification s'appuie sur une Analyse en composantes principale (ACP). Cette étape, grâce à la classification non dirigée des composantes principales, permet l'examen détaillé d'une classe, et donc la distinction, au sein de chaque classe, des pixels appartenant ou n'appartenant pas au type d'occupation du sol étudié.

Cette chaîne de traitements 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. Le croisement des cartes d'occupation du sol mène

à la carte de la cinématique de l'occupation du sol (fig. 1) et à la quantification des types de changement (tableau 2).

## 1.2 Analyse quantitative de la carte des changements

L'analyse spatiale de la carte est une étape nécessaire à la description précise des phénomènes cartographiés et à l'interprétation des processus. Parmi les critères permettant l'interprétation de l'évolution des paysages, la dimension spatiale des taches d'occupation du sol, les superficies qu'elles occupent globalement ou localement, mais aussi leur forme et disposition dans l'espace, offrent autant de clés de lecture de la carte apportant de nombreuses informations au géographe. Si l'on se réfère, par exemple, aux théories de l'écologie du paysage concernant le rôle de la structure des éléments qui le composent (Forman et Godron 1986 ; Baudry et Burel 1999), on peut envisager de calculer, en plus des superficies de chaque type d'occupation du sol à différentes échelles, quelques indices de fragmentation de la couverture boisée régionale. La quantification des superficies de chaque type de changement (ou de stabilité) est effectuée grâce au dénombrement des pixels.

La fragmentation des boisements peut être estimée par le rapport entre superficies boisées et nombre de taches de boisement, qu'il s'agisse d'îlots de quelques km<sup>2</sup> ou de boisements continus sur plusieurs milliers de km<sup>2</sup>. Ce premier indice d'une grande simplicité sera le plus souvent employé car il est le plus aisé à interpréter. Cependant la fragmentation peut aussi jouer, au-delà de la démultiplication de boisements en petites taches, sur la forme de la tache qui est transformée à ses marges et rendue plus complexe sans être séparée en deux massifs. Pour permettre cet examen, on calcule la moyenne régionale de l'indice de forme, plus couramment appelé L.S.I. Le *Landscape Shape Index* est un indice de fragmentation de la couverture boisée, plus précis et plus complet que le simple rapport entre le nombre de taches et la superficie totale de la classe. Il calcule en effet le rapport entre le périmètre de l'ensemble des patchs d'une classe et le périmètre d'un carré de même superficie. Cet indice dépend donc du nombre de taches et du caractère complexe de chacune d'entre elles (Forman et Godron 1986 ; Crews-Meyer 2004 ; Southworth *et al.* 2004 ; Messina *et al.* 2006).

## **2 Cinématique de la couverture boisée à l'échelle macro régionale**

### **2.1 Localisation des changements**

#### **Stabilité de la mangrove et stabilité des tannes et rizières de mangrove**

On distingue (figure 1) quatre grands ensembles de tannes ou de rizières stables : le nord du delta du Saloum, les trois parties amont de la Casamance. Des secteurs de moyenne importance se retrouvent par ailleurs dans la partie médiane du rio Cacheu et la partie amont du rio Mansoa.

Les grands massifs de mangrove stables sont l'est des îles du Gandoul, les îles du Saloum, les mangroves de Gambie, l'ouest de la Casamance, l'embouchure du rio Cacheu et du rio Mansoa.

#### **Régression de la mangrove**

La régression se présente sous la forme de cinq secteurs de forte régression, tous situés dans les secteurs éloignés des embouchures des fleuves, ne connaissant pas ou peu d'apports en eau continentale. Il s'agit du nord du Saloum, du chenal de Koular sur la rive nord de la Gambie, et des trois secteurs amont de la Casamance, le nord, et tout particulièrement le nord-est, l'amont du fleuve au-delà de Ziguinchor et le chenal d'Oussouye et ses affluents. Ensuite, de façon moins importante, le Nord bissau-guinéen présente un certain nombre de secteurs de régression sous forme de superficies moyennes isolées. Enfin, le Saloum et la Casamance sont également accompagnés de nombreux secteurs de légère régression sous forme de lisières entre mangrove et tannes.

#### **Progression de la mangrove**

La progression de la mangrove est importante dans trois secteurs : l'ouest des îles du Saloum, la rive nord de la Casamance, entre Ziguinchor et le Diouloulou, et les rives du rio Mansoa.

#### **Stabilité des boisements de terre ferme et des espaces non boisés**

Les grands boisements stables sont au niveau de la frontière Gambie – Casamance, les Kalounayes et de la frontière Casamance – Guinée-Bissau, ainsi que les forêts classées du Bas-Saloum, les secteurs éloignés des villes et des estuaires en Guinée-Bissau. Les grands secteurs non boisés aux trois dates sont le nord et tout particulièrement le nord-est, le Bas-Saloum continental entre Kaolack et Sokone, le nord du Niomi, le secteur de Canchungo et les rives du rio Mansoa en amont. On remarque la même stabilité dans les grandes villes : Banjul, Bignona, Ziguinchor, Bissau.

#### **Régression des boisements de terre ferme**

La régression des boisements de terre ferme est assez régulièrement répartie sur la carte. La principale zone est dans le Bas-Saloum et le Niomi. Ensuite on remarque au nord-est du rio Cacheu, un semi de petites taches dans le reste du Nord bissau-guinéen. Enfin, les rives des chenaux de Casamance, en rive nord notamment, ainsi que le Kombo, sont marqués par d'assez importantes superficies de progression et de régression qui s'organisent en mosaïque.

#### **Progression des boisements de terre ferme**

Outre le Kombo et les secteurs proches des chenaux en Casamance, on peut distinguer un premier ensemble de taches de petite taille, très diffuses, dans la région du Sine. Ensuite, la forêt classée de Baria et la rive sud de la Casamance, notamment vers l'amont, présente de très grandes surfaces de progression. Un grand massif à l'ouest de Cacheu offre une progression. La rive nord du Rio Mansoa comprend un grand nombre de petites taches de progression.

### **2.2 Quantification des changements**

On voit sur le tableau 2 que la cinématique principale (une fois ôtée l'eau stable qui ne présente pas de réelle signification) est la stabilité des boisements de terre ferme (30,9 %) suivie de celle des espaces de terre ferme non boisés (17 %). Ensuite viennent la stabilité des tannes et rizières de mangrove (10 %) et celle des mangroves (9,8 %). L'image cumule donc près de 70 % de stabilité. 30 % des paysages ont connu des changements importants puisque, rappelons-le, il s'agit du passage d'un état boisé à un état non boisé, ce qui constitue un bouleversement majeur de la structure des paysages. Plus précisément, on oppose, en terre ferme, 47,9 % stables à 21,6 % de changements et, en vasières, 19,8 % stables à 8,7 % de changements. Il s'agit donc de proportions tout à fait comparables entre la mangrove et la terre ferme. Les deux domaines ont donc connu des transformations d'ampleur similaire.

#### **Bilan global des changements**

Les trois cinématiques de régression en terre ferme : récente, ancienne et temporaire, constituent 10,6 % de la zone étudiée, les trois cinématiques de progression en constituent 11 %. Le bilan de terre ferme est donc très faiblement positif. La terre ferme a connu, entre la fin des années 1970 et le début des années 2000, une progression de ses boisements équivalant à 0,4 % de la zone étudiée.

Les sept cinématiques de régression de la mangrove (tannification récente, ancienne et temporaire ; succession eau-mangrove-tanne ; érosion des

vasières à mangrove récente, ancienne et temporaire) correspondent à 4,2 % de la zone d'étude. Les six cinématiques de progression (conquête par la mangrove récente, ancienne ou temporaire, de bancs de vase précédemment inondés, et des tannes ou des rizières) correspondent à 4,5 % : une fois encore le bilan est très faiblement négatif. Les vasières ont connu, entre la fin des années 1970 et le début des années 2000, une progression des mangroves équivalant à 0,3 % de la zone étudiée.

Ainsi, l'on voit que de 30 % de changements résulte 0,7 % de progression. Un rééquilibrage quasi parfait s'opère donc entre les superficies en régression et les superficies en progression. Il s'agit d'un rééquilibrage entre les changements opérés entre la fin des années 1970 et la fin des années 1980, et ceux opérés entre la fin des années 1980 et le début des années 2000. On voit en effet (figure 2) que les superficies ont très peu évolué. Les régions septentrionales des Rivières-du-Sud présentaient un peu plus de 16 291 000 ha de boisements de terre ferme à la fin des années 1970. À la fin des années 1980, cette superficie avait diminué de 198 736 ha. Entre la fin des années 1980 et le début des années 2000, 493 061 ha se sont boisés, portant les superficies boisées à un peu plus de 165 856 500 ha, les espaces non boisés de terre ferme ayant connu naturellement une évolution inverse.

Les mangroves couvraient, à la fin des années 1970, après une dizaine d'années de sécheresse, plus de 5 506 500 ha (figure 3) ; à la fin des années 1980, cette superficie avait diminué de 206 271 ha. Entre la fin des années 1980 et le début des années 2000, 156 164 ha se sont boisés, portant les superficies boisées à un peu plus de 5 456 500 ha. Les évolutions des espaces non boisés des vasières, tannes et rizières de mangrove ont connu une évolution dont la tendance est la même, bien que l'interface possible de la mangrove avec l'eau ou avec les tannes et rizières ne permette pas une exacte complémentarité des superficies.

Il s'agit également, au sein de chaque période, d'un rééquilibrage entre les surfaces de déboisement en certains lieux et celles de boisement ou de reboisement en d'autres lieux (tableau 2). Entre la fin des années 1970 et la fin des années 1980, la modeste diminution des surfaces boisées de terre ferme correspond à un bilan très faiblement négatif entre 9,2 % de la terre ferme qui ont connu un reboisement, et 9,9 % qui ont connu un déboisement. 81 % de la terre ferme sont restés stables, dont plus de 50% boisés. Le déficit des progressions et des régressions constitue les 198 736 ha cités ci-dessus.

Entre la fin des années 1980 et le début des années 2000, l'augmentation, également légère bien que supérieure à la diminution entre la fin des années 1970 et le début des années 1980, résulte aussi d'un équilibre entre les surfaces en changement. En effet, le déboisement a ralenti pour ne concerner, pour la deuxième période, que 9,2 % de la terre ferme. Les secteurs de progression des boisements de terre ferme ont, en revanche, significativement augmenté puisqu'ils constituent 11 % de la terre ferme. Le bénéfice correspond à 493 061 ha. La mangrove n'est stable que pour 39,3 % de la superficie des vasières, à laquelle s'ajoutent 37,7 % de vasières non boisées ni à la fin des années 1970 ni à la fin des années 1980. Les 23 % du domaine des vasières qui ont évolué entre ces deux dates sont constitués de 12,7 % de régressions diverses contre 10,3 % de progressions. Notons que les cinématiques entre mangroves et tannes ou entre mangroves et rizières sont nettement plus importantes que les cinématiques entre eau et mangroves.

Entre la fin des années 1980 et le début des années 2000, le domaine des vasières est plus stable. Les zones stables cumulées correspondent à 85,9 %. Les 14,1 % de changement sont une fois encore majoritairement liés à la frange haute des mangroves. Les 6,4 % de déboisement (tannification, endiguement et érosion) sont, cette fois, inférieurs aux 7 % de reboisement des tannes et des rizières et de conquête de nouveaux bancs de vase. Le bilan est donc positif. Ainsi, le premier constat est celui d'une grande instabilité mais d'un maintien de la structure globale, avec des changements entre 15 et 20 % pour chaque période. Cependant, malgré l'ampleur des changements, l'importance des superficies boisées reste inchangée puisque du bilan de près de 25 ans de changements importants ne résulte qu'une augmentation de moins de 300 000 ha. Ces superficies se rééquilibrent doublement : d'une part, il y a un équilibre relatif pour chaque période et pour chaque domaine entre secteurs en progression et secteurs en régression, d'autre part, s'il y a régression entre la fin des années 1970 et la fin des années 1980, une progression très légèrement supérieure a lieu entre la fin des années 1980 et le début des années 2000.

### 2.3 Vue d'ensemble des régions

Avant d'entrer dans une analyse spatiale et quantitative région par région, il est nécessaire de présenter une rapide comparaison des grandes régions en vasières (figure 3a) et en terre ferme (figure 3b). C'est à la même échelle que l'on a choisi d'utiliser les indices de fragmentation de la couverture boisée pour affiner le commentaire de la carte.

Le Saloum connaît, à l'instar de l'ensemble de la région, d'abord une phase de régression puis une phase de progression plus importante. En vasières, le Saloum apparaît comme la principale région de boisement de mangroves ; sa courbe montre une très forte régression entre 1979 et 1988 et une progression importante, bien que moindre, entre 1988 et 1999. La fragmentation des mangroves du Saloum (figure 4b) est d'une remarquable stabilité alors que celle des boisements de terre ferme a tout d'abord très légèrement diminué avant d'augmenter très fortement (figure 4a). La diminution résulte de l'élimination, entre la fin des années 1970 et celle des années 1980, d'un certain nombre de petites taches de boisement dans le Bas-Saloum ; la fragmentation provient de la démultiplication des petites taches de boisement dans le Sine. Ainsi, si les superficies ont connu une régression, puis une progression, il faut prendre en compte le fait que les boisements reconstitués sont nettement plus fragmentés qu'ils ne l'étaient à la fin des années 1970.

La Gambie connaît, pour la terre ferme, une courbe de régression très faible, puis de faible progression. Les mangroves subissent une régression modeste dans la première période, suivie d'une progression encore plus modeste. La Western-Division a, par ailleurs, connu, en terre ferme, une stabilité du taux de fragmentation (figure 5a) durant la première période, suivie d'une légère fragmentation de la végétation, résultant d'une diminution des superficies pour une augmentation du nombre de taches. La mangrove (figure 5b) a connu l'évolution contraire, avec une légère diminution de la fragmentation (la diminution du nombre de taches étant proportionnellement supérieure à la diminution des superficies), suivie d'une légère augmentation de la fragmentation par augmentation de la complexité des formes.

En terre ferme, la Basse Casamance est la région la plus boisée, qui a aussi le plus évolué dans ses superficies. Elle connaît une courbe conforme à la tendance d'ensemble, décrite précédemment, de régression des superficies entre les années 1970 et 1980 et une régénération entre les années 1980 et 2000, la régénération étant beaucoup plus forte que ne l'était la régression de la deuxième période. En vasières, la Casamance est la région la moins boisée en mangrove, et aussi celle dont les superficies ont le moins évolué. On y note une faible régression suivie d'une à peine moins grande progression. La fragmentation en terre ferme (figure 6a) recule progressivement en Basse-Casamance : durant la première période, la diminution des superficies s'est accompagnée d'une forte diminution du nombre de taches ; quand les superficies ont augmenté durant la deuxième période, le nombre de taches a continué à diminuer. En man-

grove (figure 6b), les surfaces et le nombre de taches ont diminué puis augmenté simultanément ; cependant la variation du nombre de taches est, proportionnellement, plus importante et la fragmentation a donc diminué pour augmenter ensuite.

Le Nord bissau-guinéen, dont les superficies boisées en terre ferme restent d'une remarquable stabilité totale, connaît, en vasières, une régression quasi-nulle entre 1979 et 1988, puis entre 1988 et 2000, une progression plus significative, bien que modeste. Le Nord bissau-guinéen a connu, entre la fin des années 1970 et la fin des années 1980, une diminution du nombre de taches en mangroves et en boisements de terre ferme (figure 7a), donc une diminution de la fragmentation, peu marquée cependant en terre ferme. Durant la deuxième période, une légère augmentation des superficies boisées de terre ferme et une diminution du nombre de taches, compensée par une complexification des taches, ont mené à une augmentation de la fragmentation. En vasières, le niveau de fragmentation est resté stable (figure 7b).

### **3 Cinématique de la couverture boisée à l'échelle micro régionale**

La lecture de la carte montre que l'échelle de lecture la plus pertinente est micro régionale car on y distingue des profils très marqués. Si le bilan est nul, chaque micro région a une tendance propre. Il s'agit de savoir quelles régions semblent caractérisées par une dégradation plus forte que l'ensemble des régions, et quelles régions, au contraire, montrent des bilans positifs.

#### **3.1 La cinématique de la couverture boisée dans le Saloum**

Le bilan régional du delta du Saloum est celui d'une stabilité moyenne en terre ferme et assez faible en mangrove, avec, pour ces deux écosystèmes, une période de régression suivie d'une période de progression des surfaces boisées. En effet, la terre ferme est stable aux trois dates pour 72 % de la zone alors que les régressions cumulent 16 % et les progressions 12 %. En ce qui concerne les mangroves, les 79 % de stabilité (dont 40 % de tannes stables) font face aux 31 % de changements, dont la moitié est constituée des processus de recul du boisement en faveur des tannes et les trois quarts de déboisements de toutes sortes.

Sur la figure 8, on voit que ces cinématiques sont concentrées dans des secteurs précis. Le reboisement de la terre ferme est très majoritaire dans le

Sine et dans la partie nord du Bas-Saloum continental. Il est également très important dans les îles. Les secteurs de reboisement ancien sont moindres et situés dans des forêts classées du secteur de Foundiougne et dans les îles. Le reboisement récent est principalement localisé autour des secteurs de reboisement ancien. Tout cela illustre bien la présence de phénomènes de reboisement continu depuis la fin des années 1970 jusqu'au début des années 2000. Ils se localisent en grande partie dans les bas-fonds de toute la zone. Enfin, le nord est occupé par un très grand nombre de toutes petites superficies de reboisement disséminées, bien que plus densément distribuées à proximité du delta (figure 8).

Le déboisement de la terre ferme est extrêmement important autour des forêts classées les plus proches des mangroves. Deux grands ensembles denses et discontinus de surfaces de déboisement se remarquent en un grand secteur englobant les forêts classées de Fathala, Sangako, Sokone. Ils se prolongent jusqu'à Foundiougne et jusqu'aux parties les plus proches des forêts classées de Patako et Koular et des secteurs ruraux situés au nord-est de ces forêts classées.

Le déboisement des mangroves en faveur des tannes (la riziculture de mangrove est absente dans le delta du Saloum) est très majoritairement situé au nord du fleuve Saloum. On en remarque un certain nombre formant lisière entre tanne et mangrove dans l'ensemble du delta.

Le chenal de Koular connaît de très importantes surfaces de régression. D'importants secteurs de progression apparaissent dans la partie la plus océanique des îles du Saloum, ainsi que d'importantes superficies dans le sud du delta. On voit que les surfaces de régression de la mangrove face à l'eau sont en fait constituées par les chenaux les plus fins, cartographiés en mangrove par le satellite à faible résolution et où, avec une résolution plus fine, peuvent se distinguer chenaux et mangroves.

Par ailleurs, l'occupation du sol des sous régions semble connaître des trajectoires très contrastées et il paraît intéressant de passer à une échelle encore plus grande pour s'interroger sur les bilans de ces sous régions indépendamment du bilan régional. En ce qui concerne la terre ferme, le Bas-Saloum continental connaît la tendance générale d'inversion de la cinématique. Les îles Betenti connaissent elles aussi cette trajectoire, bien qu'avec des fluctuations beaucoup plus modestes. Les îles du Saloum ont, en revanche, connu la trajectoire inverse. La progression des surfaces boisées en savanes entre la fin des

années 1970 et la fin des années 1980 est plus grande que la régression de celles-ci entre la fin des années 1980 et le début des années 2000. Les îles du Gandoul connaissent une progression lente et régulière des surfaces boisées qui étaient très faibles en 1970 et qui le sont encore aujourd'hui. Le Sine connaît lui aussi une progression avec une augmentation de 50 ha dans la première période et de 1600 ha dans la deuxième. Concernant les mangroves, les trois sous régions insulaires du delta du Saloum connaissent des tendances différentes. Les îles du Saloum subissent la tendance générale de régression puis de progression, la régression durant la première période étant inférieure à la progression durant la deuxième. Les îles Betenti, au sud, connaissent une même trajectoire bien que beaucoup moins contrastée. Les îles du Gandoul ont connu une régression durant les deux périodes, tout d'abord une forte, puis une faible régression.

### **3.2 La cinématique de la couverture boisée dans la Western-Division**

Tout d'abord on voit sur la figure 9 que la Western-Division est très boisée (40 % de boisements stables) et a connu d'importants changements (42 % de changements cumulés). En ce qui concerne les rapports de force entre les différents changements, on remarque un équilibre au niveau de la terre ferme et une légère régression au niveau de la mangrove. Une fois encore les progressions de la mangrove vers les tannes et rizières occupent plus de la moitié des changements du domaine des mangroves et les évolutions inverses : celles des tannes et rizières vers les mangroves se retrouvent également importantes (près d'un tiers). Sur la figure 9, on remarque des secteurs très contrastés. L'extrême nord du Nioumi vers la frontière est non boisé de façon stable. Le chenal de Koular (Mini-minimum Bolon) est caractérisé par une importante régression des mangroves en faveur des tannes. Le sud du Nioumi connaît des massifs boisés importants qui ont fortement régressé, tant dans la première période que dans la seconde. Les massifs de mangrove de la rive nord du fleuve sont assez stables, sauf certaines lisières de progression du tanne ou des rizières sur les mangroves. Le Kombo est caractérisé par une très grande instabilité de la terre ferme. Les surfaces en déboisement et en reboisement sont très nombreuses, celles en déboisement étant les plus proches de la capitale et celles en reboisement plus éloignées. Les massifs de mangrove n'offrent comme changement que des chenaux très fins, cartographiés comme mangrove à la fin des années 1970 avec une faible résolution et où les satellites à meilleure résolution ont pu différencier le chenal d'une part et la mangrove de l'autre. Le

Fogny gambien est caractérisé par de grandes étendues de boisements stables notamment au sud vers la frontière.

Les secteurs qui jouxtent les villages situés le long de la trans-gambienne sont caractérisés par une grande instabilité, chaque finage villageois se remarque par une mosaïque de taches non boisées aux trois dates, en progression ou en régression. Le Fogny connaît une remarquable stabilité dans la première phase pour connaître par la suite une grande progression. Le Kombo apparaît également en progression, bien que très faible, alors que le Niomi est en faible régression.

En mangrove, l'évolution que connaît le Fogny est celle de l'inversion observée dans un grand nombre de régions et sous régions, les fluctuations étant importantes. Le Niomi apparaît comme peu boisé avec une tendance conforme à l'ensemble des régions. Le Kombo, lui-même peu boisé en mangrove, est caractérisé par une remarquable stabilité.

### **3.3 La cinématique de la couverture boisée en Basse-Casamance**

En terre ferme, la première caractéristique de la Casamance est l'importance des cinématiques de ses boisements de terre ferme : les déboisements temporaires (11 %) et les reboisements tant anciens que récents (21 %). En domaine de vasières, la première caractéristique est la très grande extension des tannes et rizières de mangrove (49 %) et l'importance des cinématiques entre tannes et mangroves tant en déboisement qu'en reboisement dans la période 1979-1986.

L'analyse de la figure 10 permet de confirmer l'impression acquise à l'échelle générale que les rives des vasières sont des espaces de grands changements et que, plus on s'éloigne des vasières où sont disposés la grande majorité des villages (Pélissier 1961), plus on trouve de grandes superficies de boisements stables. Observées en détail, les rives habitées présentent des mosaïques de surfaces, concernées par les différentes cinématiques sous la forme de petites superficies assez regroupées, permettant de deviner une structure approchant du parcellaire. Les secteurs les plus à l'est sont ceux où dominent les cinématiques de régression, ceux les plus à l'ouest sont dominés par les cinématiques de progression. En rive sud, dans le Bandial, on observe de très importantes superficies de déboisement temporaire et de régénération récente. Ainsi, si l'on calcule les bilans sous-régionaux, on peut aisément distinguer le Bandial, dont les superficies montrent la régression suivie de la progression qui a

été observée dans une majorité de régions, et le Kassa qui a connu l'évolution inverse. Les sous régions septentrionales ont connu une lente progression dans les deux périodes.

La mangrove, à l'instar du Saloum, peut être assez aisément divisée en sous-ensembles de cinématiques très diverses. Ainsi, les parties amont, que ce soit du Diouloulou, du fleuve ou du chenal de Kamobeul, sont toutes dominées par les cinématiques de régression de la mangrove face aux tannes ou aux rizières. La partie centrale depuis Ziguinchor jusqu'au Diouloulou, notamment en rive nord entre le fleuve et le Boulouf, est dominée par les régénérations de la mangrove sur les tannes. Il s'agit, dans une grande majorité de cas, d'une régénération ancienne qui a eu lieu entre les années 1970 et la fin des années 1980. Toutes les sous régions montrent donc une régression suivie d'une progression. Les parties amont, Fogny, Kassa et Bandial, ont, au début des années 2000, une superficie inférieure à celle de la fin des années 1970. Le Floup connaît, au début des années 2000, une superficie boisée en mangrove, supérieure à celle des années 1970.

### **3.4 La cinématique de la couverture boisée dans le Nord bissau-guinéen**

Le profil de terre ferme du Nord bissau-guinéen est assez proche de celui de la Casamance avec de fortes superficies boisées (50 %) et une très forte cinématique, ici dominée par les cinématiques de régression (21 %, contre 17 % pour les progressions). Au sein des régressions, la régression récente est la plus importante, elle constitue 9 % de la terre ferme.

L'évolution du domaine des vasières est assez proche de celle de la Gambie, avec une dominance des mangroves sur les tannes, une importante superficie de changements, largement dominés par les fluctuations entre tannes ou rizières et mangrove. La progression des mangroves sur les tannes ou rizières est la plus importante. La régression des mangroves est essentiellement ancienne et la progression essentiellement récente.

Sur la figure 11, on observe une structure spatiale des différents changements, beaucoup plus complexe que pour les autres régions car l'on ne peut distinguer des sous régions au profil dominé par un ou deux types de cinématiques. La régression des boisements de terre ferme apparaît très importante en rive nord du fleuve et au nord-est de la capitale. Elle est présente, mais de façon moins importante entre Cacheu et Mansoa. La progression des boisements de terre ferme est présente à l'extrême nord-ouest du

pays, au niveau de Sao-Vincente, de Cacheu, de Canchungo, au nord-nord-ouest de Bissau et à la pointe de la péninsule de Biombo-Quinhamel.

## Conclusions

L'occupation du sol a montré de très importants changements, mais ceux-ci présentent un bilan positif d'augmentation des surfaces boisées, ce qui laisse à penser que la dégradation des paysages est loin d'être dominante. La lecture des cartes et les quantifications de changement pour chaque sous région démontrent, par ailleurs, que c'est à leur échelle que se déroulent les principaux processus de changement. En effet, les changements s'effectuent selon une maille micro régionale où l'on retrouve la répétition de taches d'un ou deux types de cinématique, dans des proportions et des localisations similaires dans l'ensemble de la sous région. On peut synthétiser ainsi les résultats :

- **Sine** : progression des boisements de la terre ferme.
- **Îles du Gandoul** : régression des mangroves et progression des boisements de terre ferme.
- **Îles du Saloum** : progression des mangroves.
- **Îles Betenti** : régression des mangroves.
- **Bas-Saloum continental** : régression des boisements de terre ferme.
- **Niumi** : régression des boisements de terre ferme et faible régression des mangroves.
- **Kombo** : mosaïque de progression et de régression des boisements de terre ferme.
- **Fogny gambien** : mosaïque de progression et de régression des boisements de terre ferme.
- **Fogny casamançais** : mosaïque de progression et de régression des boisements de terre ferme.

- **Kassa** : progression des boisements de terre ferme.
- **Parties amont du delta de la Casamance** : régression des mangroves.
- **Partie centrale du delta de la Casamance** : progression des mangroves.
- **Région frontalière bissau-guinéenne** : régression des boisements de terre ferme.
- **Rio Cacheu** : progression des mangroves.
- **Région de Canchungo** : mosaïque de progression et de régression des boisements de terre ferme.
- **Rio Mansoa** : mosaïque de progression et de régression des mangroves.
- **Péninsule de Biombo-Quinhamel** : mosaïque de progression et de régression des boisements de terre ferme.

Ces profils micro régionaux, parfois en régression, parfois en mosaïque complexe de taches de progression et de régression, et parfois en progression, se compensent à l'échelle macro régionale, l'ensemble des changements menant à une faible variation de la surface boisée globale. Cela laisse supposer que des formes de dégradation des paysages peuvent s'observer, voisines de formes de régénération ou de stabilité. Cependant, pour une interprétation de ces évolutions qui puisse vraiment donner une information sur la dégradation ou l'amélioration de l'occupation du sol, il ne faut pas se contenter de passer directement d'un constat de régression des boisements à celui d'une dégradation des paysages, ni d'une amélioration pour les progressions. Il est nécessaire de préciser les changements dans leurs modalités, leurs causes et leurs conséquences tant sociales qu'écologiques.

## Bibliographie

- Andrieu J., Mering C.,** 2009, « Cartographie par télédétection des changements de la couverture végétale sur la bande littorale ouest-africaine, l'exemple des rivières du sud : du Delta du Saloum (Sénégal) au rio Geba (Guinée-Bissau) », *Télédétection*, ISSN : 1028 – 7736, vol 8.
- Andrieu J., Alexandre F.,** à paraître, « Dynamiques des paysages forestiers sur la frange littorale de l'Afrique de l'Ouest (Sénégal, Gambie et Guinée-Bissau) », Dans *Des milieux aux territoires forestiers : itinéraires biogéographiques*, acte du colloque de Lille, 15-18 octobre 2008,
- Aubréville A.,** 1950, *Flore forestière soudano-guinéenne, A.O.F - Cameroun -A.E.F*, Paris, Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales – O.R.S.T.O.M
- Bâ M., Chaboud C., Barousseau J.-P., Cormier-Salem M.-C., Montoroi J.-P., Rüe O., Sow M., Champaud J.,** 1999, « La transformation du milieu : facteurs et acteurs », dans *Rivières du sud : sociétés et mangroves ouest-africaines*, éd. par M.-C. Cormier-Salem, Paris, I.R.D., p. 269-317.
- Burel F., Baudry J.,** 1999, *Écologie du paysage : concepts, méthodes et applications*, Paris : TEC & DOC.
- Brasseur G.,** 1972, « L'exploitation agricole dans les pays de savane de l'Afrique de l'Ouest », dans *Agricultural Typology and Land Utilisation*, Verone, Centre of Agricultural Geography, p. 247- 257.



- Camara Y.**, 1997, *Effet du raccourcissement du temps de jachère sur la régénération de Pterocarpus erinaceus en Haute Casamance (Sénégal)*, Mémoire, Ecole nationale des cadres ruraux, Bambey.
- Cormier-Salem M.-C.**, 1999, « Des littoraux aux limites mouvantes », dans *Rivières du sud : sociétés et mangroves ouest-africaines*, éd. par M.-C. Cormier-Salem, Paris, I.R.D, p. 17-30.
- Crews-Meyer K. A.**, 2004, « Agricultural landscape change and stability in northeast Thailand: historical patch-level analysis », *Agriculture, Agrosystems and Environments*, vol. 1, n°2-3, p. 155-169.
- Ecoutin J.-M., Barry M.B., Bouju S., Charles-Dominique E., Journet O., Penot E., Rüe O.**, 1999, « Aménagement technique du milieu », dans *Rivières du sud : sociétés et mangroves ouest-africaines*, éd. par M.-C. Cormier-Salem, Paris, I.R.D, p. 209-268.
- Dahdouh-Guebas F., Koedam N.**, 2001, « Are the northern most mangroves of West Africa viable? A case study in Banc d'Arguin National Park, Mauritania », *Hydrobiologia*, vol. 458, p. 241-253.
- Diday E.**, 1971. « Une nouvelle méthode de classification automatique et reconnaissance des formes : la méthode des nuées dynamiques », *Revue de statistiques appliquées*, vol. 19, p. 19-33.
- Diop E. S.**, 1990, *La côte ouest-africaine : du Saloum à la Méllacorée*, Paris, O.R.S.T.O.M (études et thèses).
- Diouf P. S.**, 1996, *Les peuplements de poisson des milieux estuariens de l'Afrique de l'Ouest : l'exemple de l'estuaire hyperhalin du Sine-Saloum*, Paris, O.R.S.T.O.M (études et thèses).
- Forman R.T.T.**, Godron. M., 1986, *Landscape Ecology*, New York, John Wiley and Sons.
- Foury P.**, 1953, « Politique forestière au Sénégal », *Bois et forêts des tropiques*, vol. 30, p. 8-21.
- Guiral D., Albaret J.-J., Baran E., Bertrand F., Debeney J.-P., Diouf P.-S., Guillou J.-J., Le Loeuff P., Montoroi J.-P., Sow M.**, 1999, « Les écosystèmes à mangrove », dans *Rivières du sud : sociétés et mangroves ouest-africaines*, éd. par M.-C. Cormier-Salem, Paris, I.R.D, p. 63-130.
- Lericollais A.**, 1989, « La mort des arbres à sob en pays Serrer (Sénégal) » dans *Tropiques : lieux et liens : florilège offert à Paul Pélissier et Gilles Sautter*, éd. par A. Dubresson, Paris, O.R.S.T.O.M. (Didactiques), p. 187-197.
- Marius C.**, 1985, *Mangroves du Sénégal et de la Gambie : écologie, pédologie, géochimie : mise en valeur et aménagement*, Paris, O.R.S.T.O.M (Travaux et documents).
- Marius C.**, 1995, « Effets de la sécheresse sur l'évolution des mangroves du Sénégal et de la Gambie », *Sécheresse*, vol. 6, n°1, p. 123-125.
- Messina J.-P., Walsh S.-J., Mena C. F., Delamater P. L.**, 2006, « Land tenure and deforestation patterns in the Ecuadorian Amazon : conflicts in land conservation in frontier settings », *Applied geography*, vol. 26, p. 113-128.
- Montoroi J.-P.**, 1996, *Gestion durable des sols de la mangrove au Sénégal en période de sécheresse : dynamique de l'eau et géochimie des sels d'un bassin versant aménagé*, Paris, O.R.S.T.O.M.
- Pélissier P.**, 1966, *Les paysans du Sénégal : les civilisations agraires du Cayor à la Casamance*, St Yrieix, Fabrègue.
- Pélissier P.**, 1961, « Les Diola, étude sur l'habitat des riziculteurs de Basse-Casamance », *Africa: Journal of the International African Institute*, vol. 31, n°3, p. 29-58.
- Sâ M.**, 1994, « La planification côtière en Guinée-Bissau », dans *Dynamique et usages de la mangrove dans les pays des rivières du sud (du Sénégal à la Sierra Leone)*, éd. par M.-C. Cormier-Salem, Paris, O.R.S.T.O.M. (Colloques et Séminaires), p. 189-194.
- Sadio S.**, 1991, *Pédogenèse et potentialités forestières des sols sulfatés acides salés des tannes du Sine-Saloum*, Bondy, O.R.S.T.O.M
- Sidibe M.**, 2005, *Migrants de l'arachide, la conquête de la forêt classée de Pata Casamance Sénégal*, Paris, I.R.D. éditions.

**Southworth J., Nagendra H., Carlson L. A., Tucker C.**, 2004, « Assessing the impact of Celaque Nationale Park on forest fragmentation in western Honduras », *Applied Geography*, vol. 24, p. 303-322.

**Sow M., Diallo A., Diallo N., Dixon C.A., Guisse A.**, 1994, « Formations végétales et sols dans les mangroves des rivières du sud », dans *Dynamique et usages de la mangrove dans les pays des rivières du sud (du Sénégal à la Sierra Leone)*, éd. par M.-C. Cormier-Salem, Paris, O.R.S.T.O.M. (Colloques et Séminaires), p. 51-59.

**Tappan G.G., Sall M., Wood E.C., Cushing M.**, 2004, « Ecoregion and land cover trends in Senegal », *Journal of Arid Environments*, vol. 59, p. 427-462.

**Trochain J.**, 1940, *Contribution à l'étude de la végétation du Sénégal*, Paris, Librairie Larose.

**Vasconcelos M. J. P., Mussà Biai J. C., Araújo A., Diniz M. A.**, 2002, « Land cover change in two protected areas of Guinea-Bissau (1956 - 1998) », *Applied Geography*, vol. 22, p. 139-156.

**White F.**, 1986, *La végétation de l'Afrique (mémoire accompagnant la carte de la végétation)*, Paris, UNESCO- AETFAT-UNSO (Recherches sur les ressources naturelles ; n° 20).

**Wood E. C., Tappan G.G., Hadj A.**, 2004, « Understanding the drivers of agricultural land use change in south central Senegal », *Journal of Arid Environments*, vol. 59. p. 565-582.

ETM+ - Début des années 2000		TM - Fin des années 1980		MSS Fin des années 1970	
<b>Saloum</b>	4 novembre 1999	<b>Saloum</b>	10 mars 1988	<b>Saloum</b>	23 novembre 1979
<b>Gambie-Casamance ouest</b>	6 novembre 2000	<b>Gambie-Casamance ouest</b>	9 février 1986	<b>Gambie-Casamance</b>	5 novembre 1979
<b>Gambie-Casamance est</b>	1 décembre 2000	<b>Gambie-Casamance est</b>	30 novembre 1988	<b>Guinée-Bissau ouest</b>	26 novembre 1979
<b>Guinée-Bissau</b>	4 décembre 2001	<b>Guinée-Bissau</b>	30 novembre 1988	<b>Guinée-Bissau est</b>	28 décembre 1979

Tableau 1 : Base de données d'images LANDSAT

	entre 79 et 86-88	entre 86-88 et 99-2000-2001
<b>(re)boisement de terre ferme</b>	9,2	11,0
<b>Déboisement de terre ferme</b>	9,9	9,2
<b>Boisement stable</b>	50,4	50,3
<b>Non boisé aux deux dates</b>	30,6	29,5
<b>Déboisement de mangrove (tannes ou rizières)</b>	10,3	5,9
<b>Reboisement de tannes par la mangrove</b>	7,2	6,6
<b>Progression de la mangrove sur l'eau</b>	3,1	1,2
<b>Progression de l'eau sur la mangrove</b>	2,4	0,4
<b>Tannes ou rizières aux deux dates</b>	39,3	43,8
<b>Mangrove stable</b>	37,7	42,1

Tableau 2 : Importances en superficies des différentes cinématiques

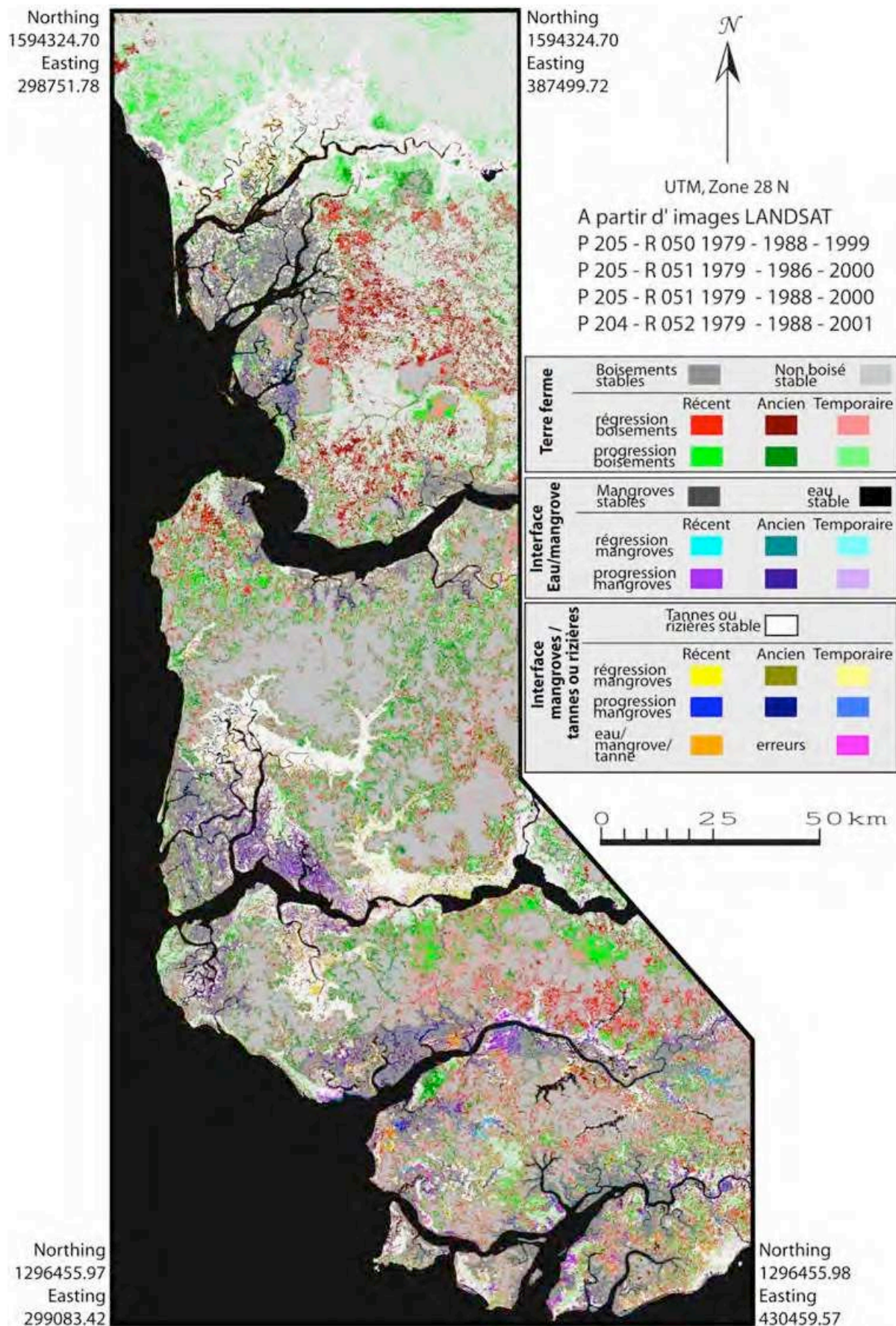


Figure 1 : Carte des changements de l'occupation du sol

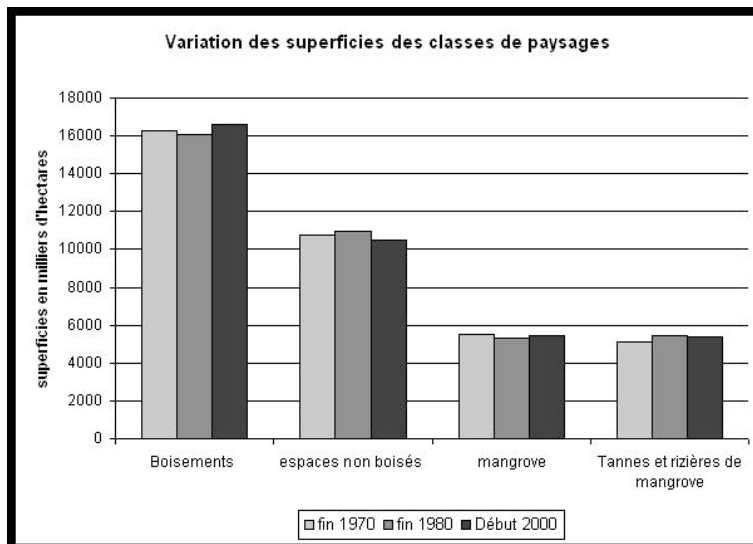


Figure 2 : Évolution des superficies boisées

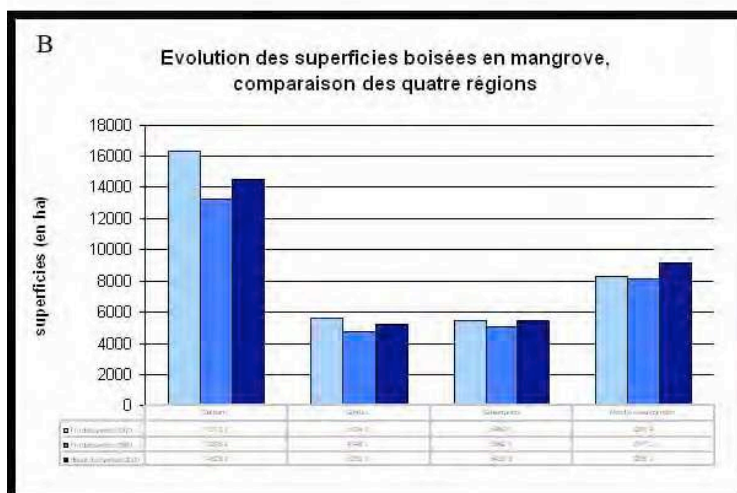
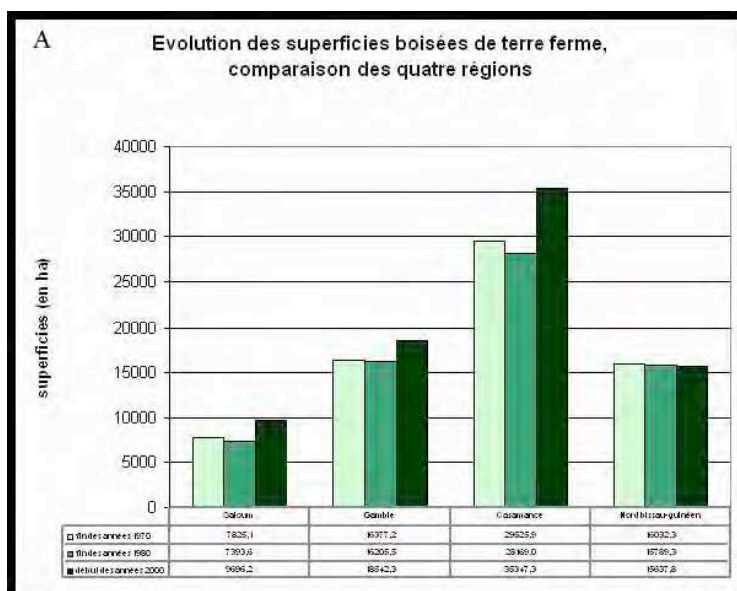


Figure 3 : Évolutions des superficies boisées en vasières et en terre ferme (de la fin des années 1970 au début des années 2000) pour les quatre régions

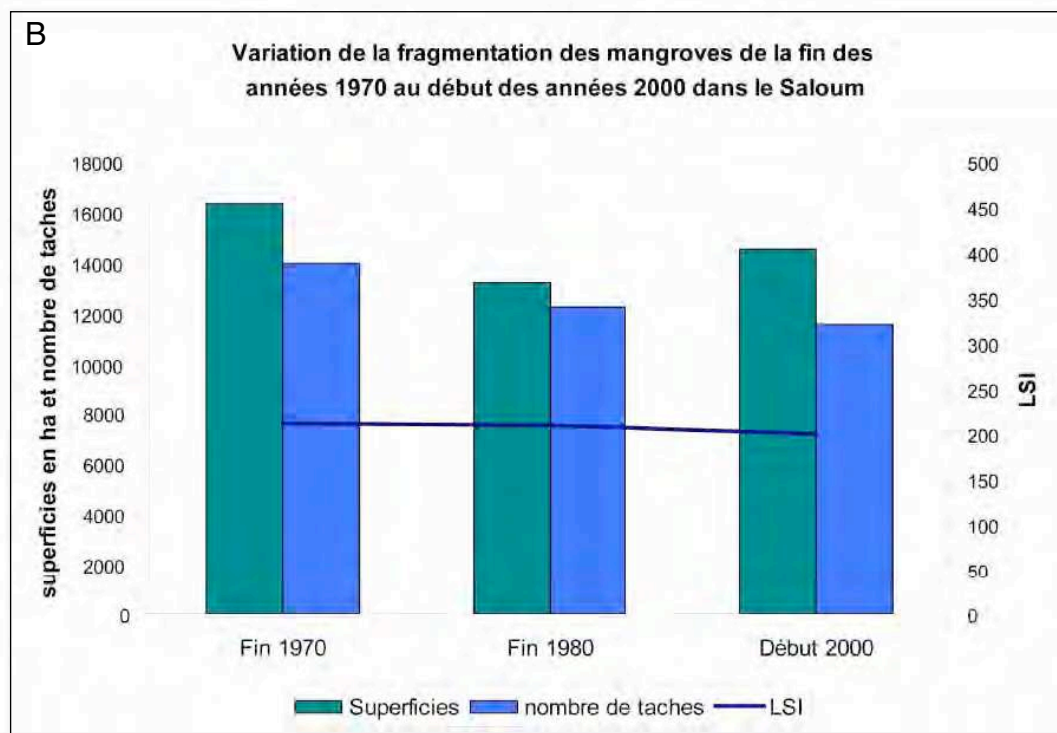
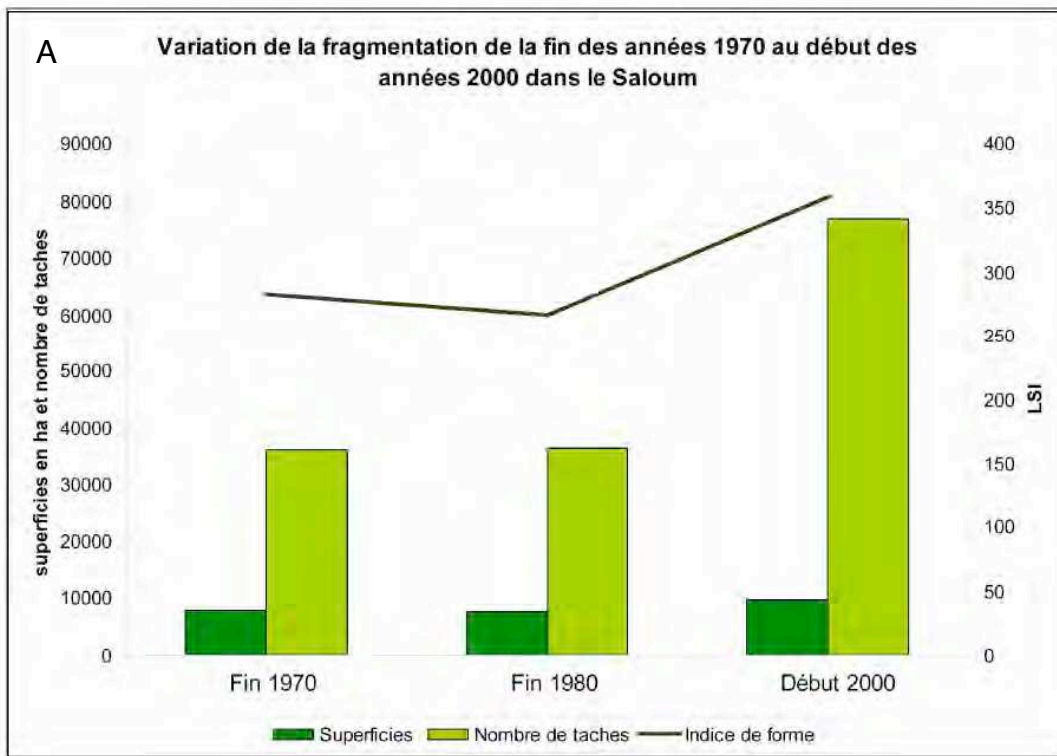


Figure 4 : Évolutions du niveau de fragmentation des superficies boisées en vasières et en terre ferme (de la fin des années 1970 au début des années 2000) dans le Saloum

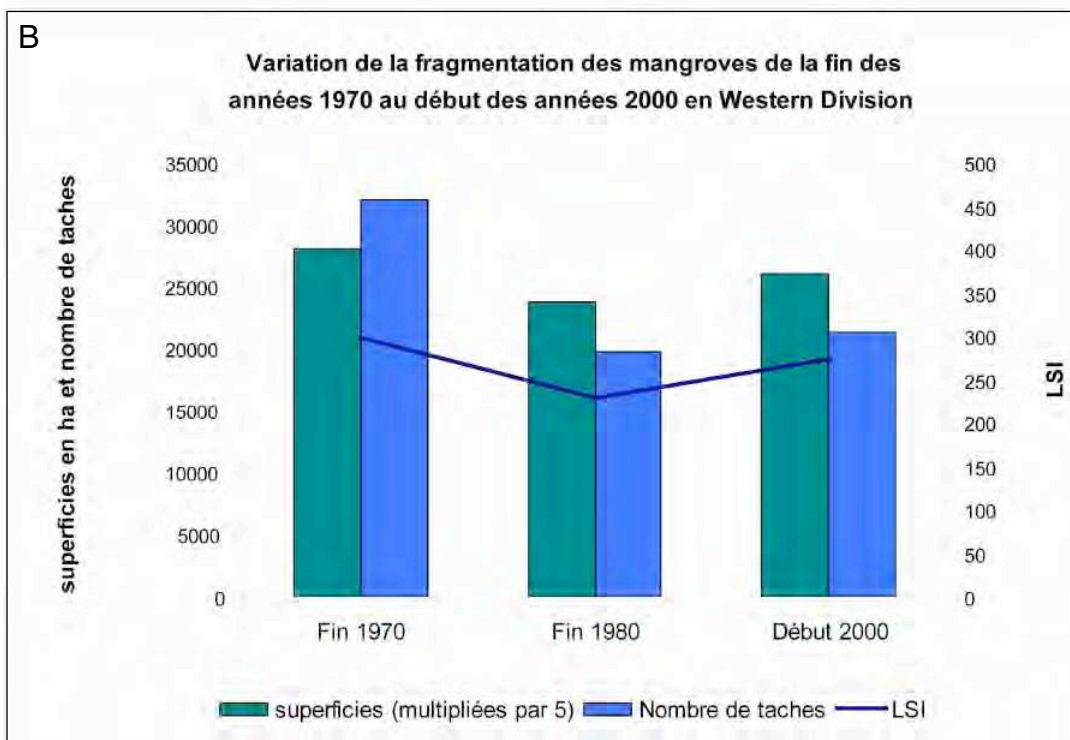
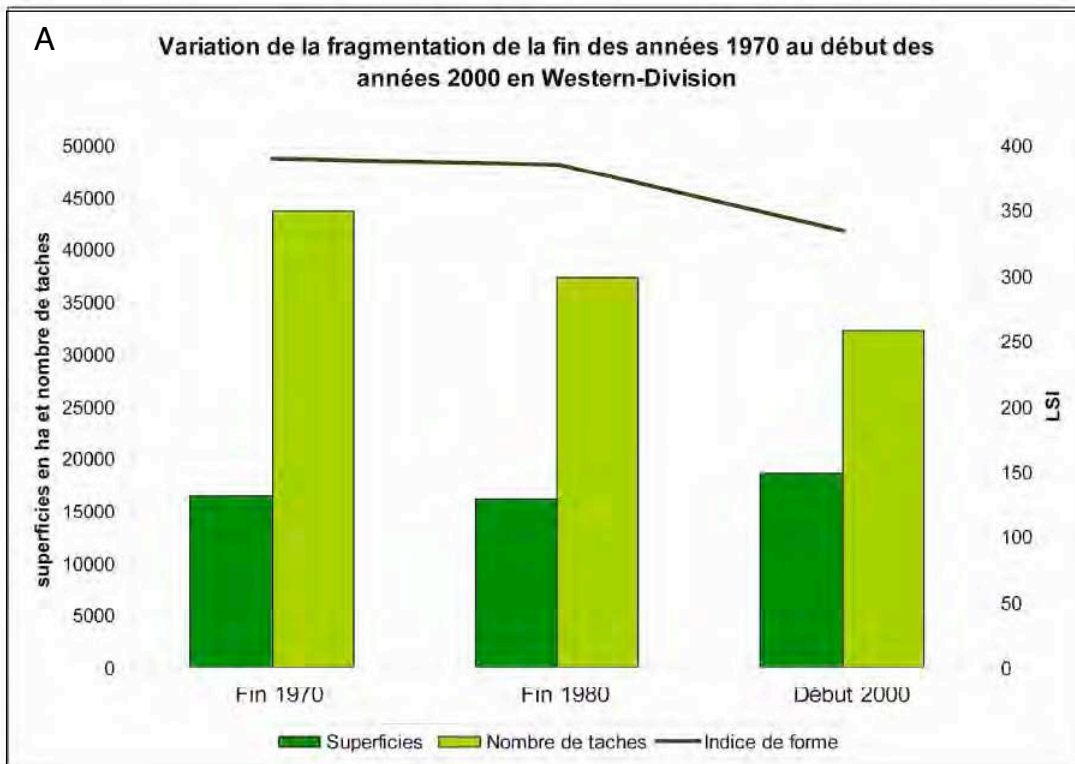


Figure 5 : Évolutions du niveau de fragmentation des superficies boisées en vasières et en terre ferme (de la fin des années 1970 au début des années 2000) dans la Western-Division

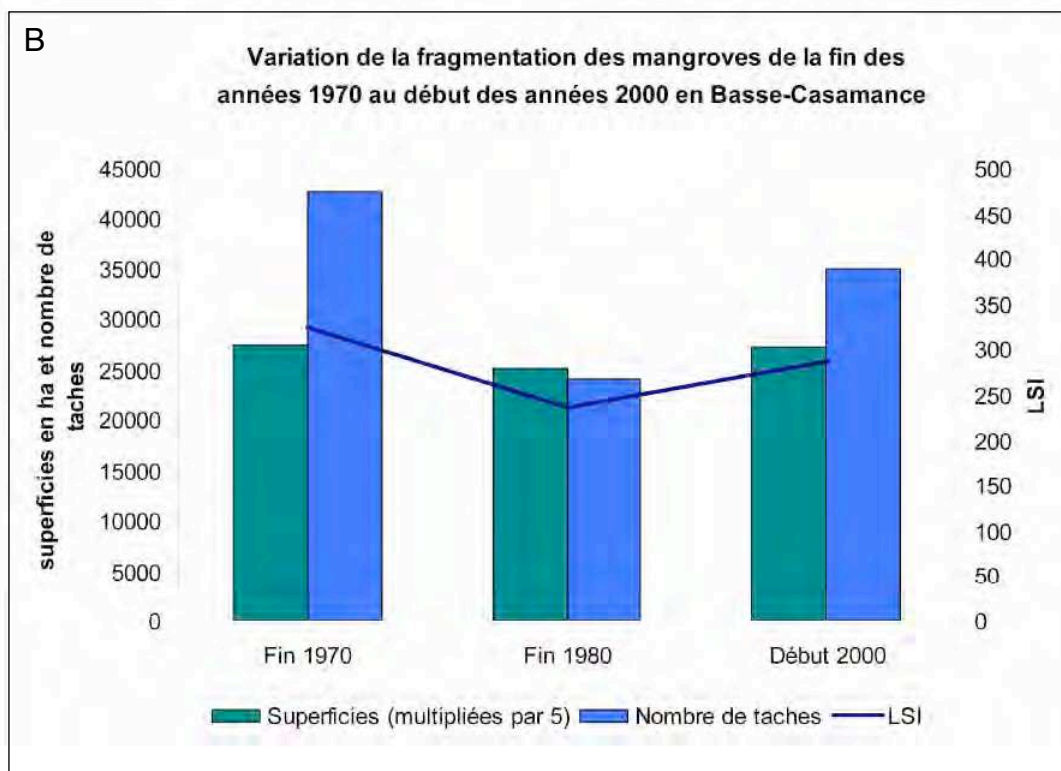
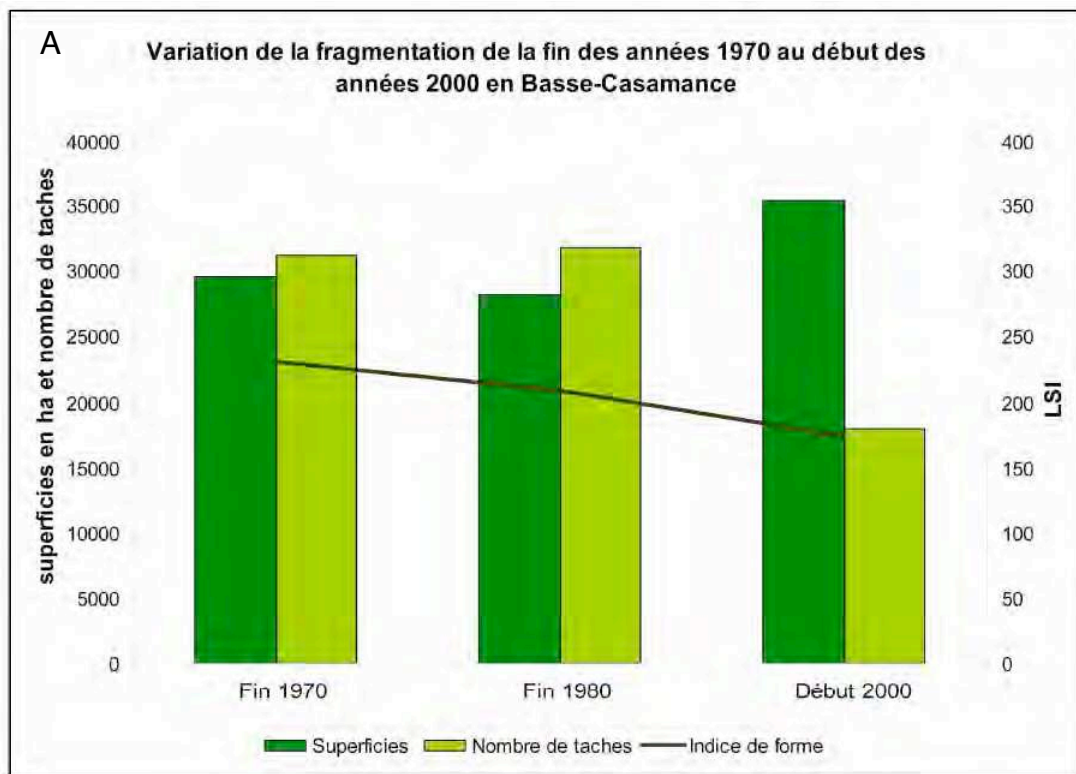


Figure 6 : Évolutions du niveau de fragmentation des superficies boisées en vasières et en terre ferme (de la fin des années 1970 au début des années 2000) en Basse-Casamance

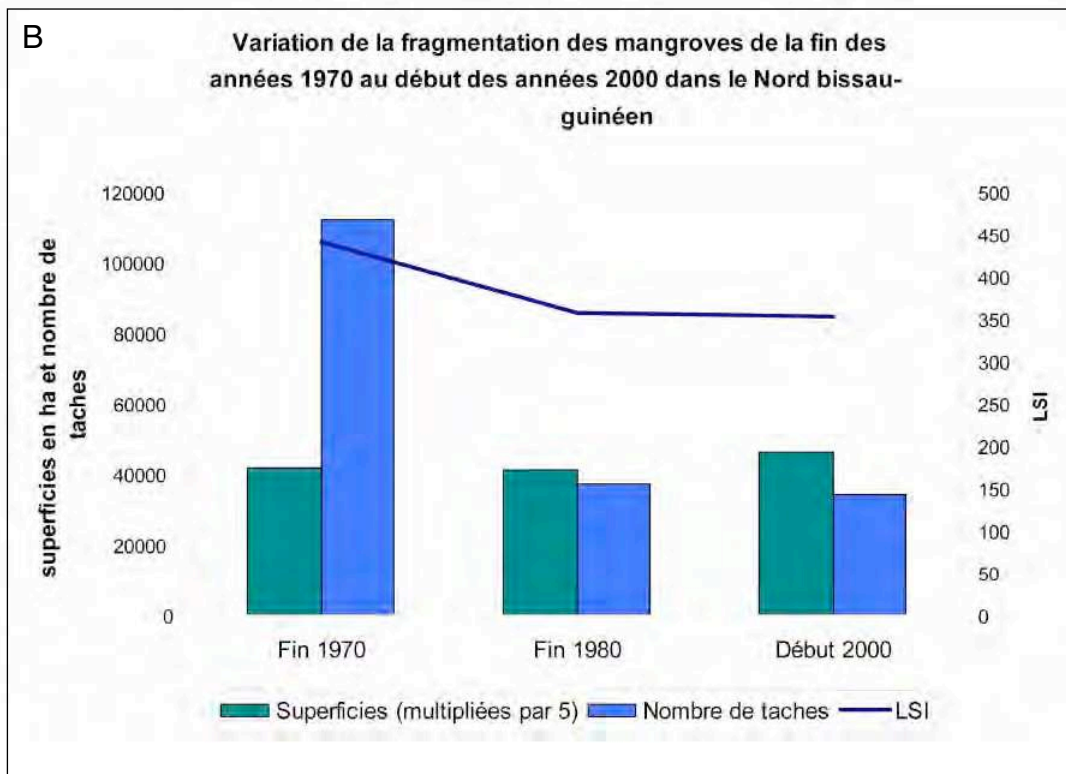
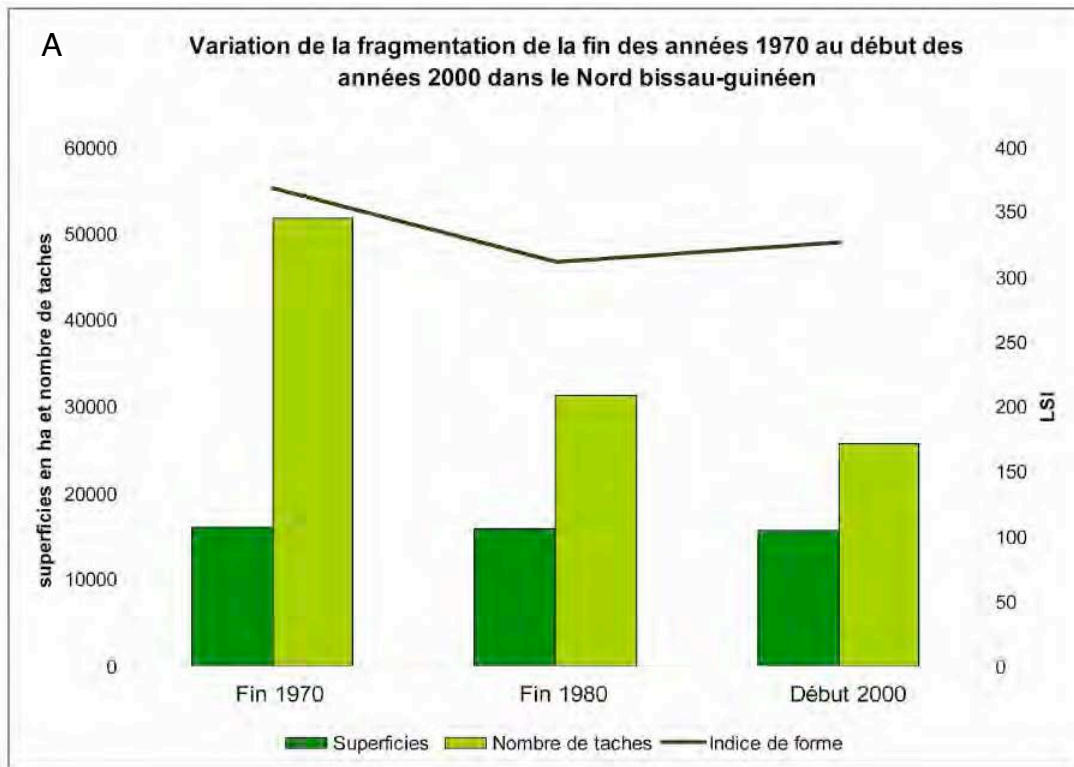
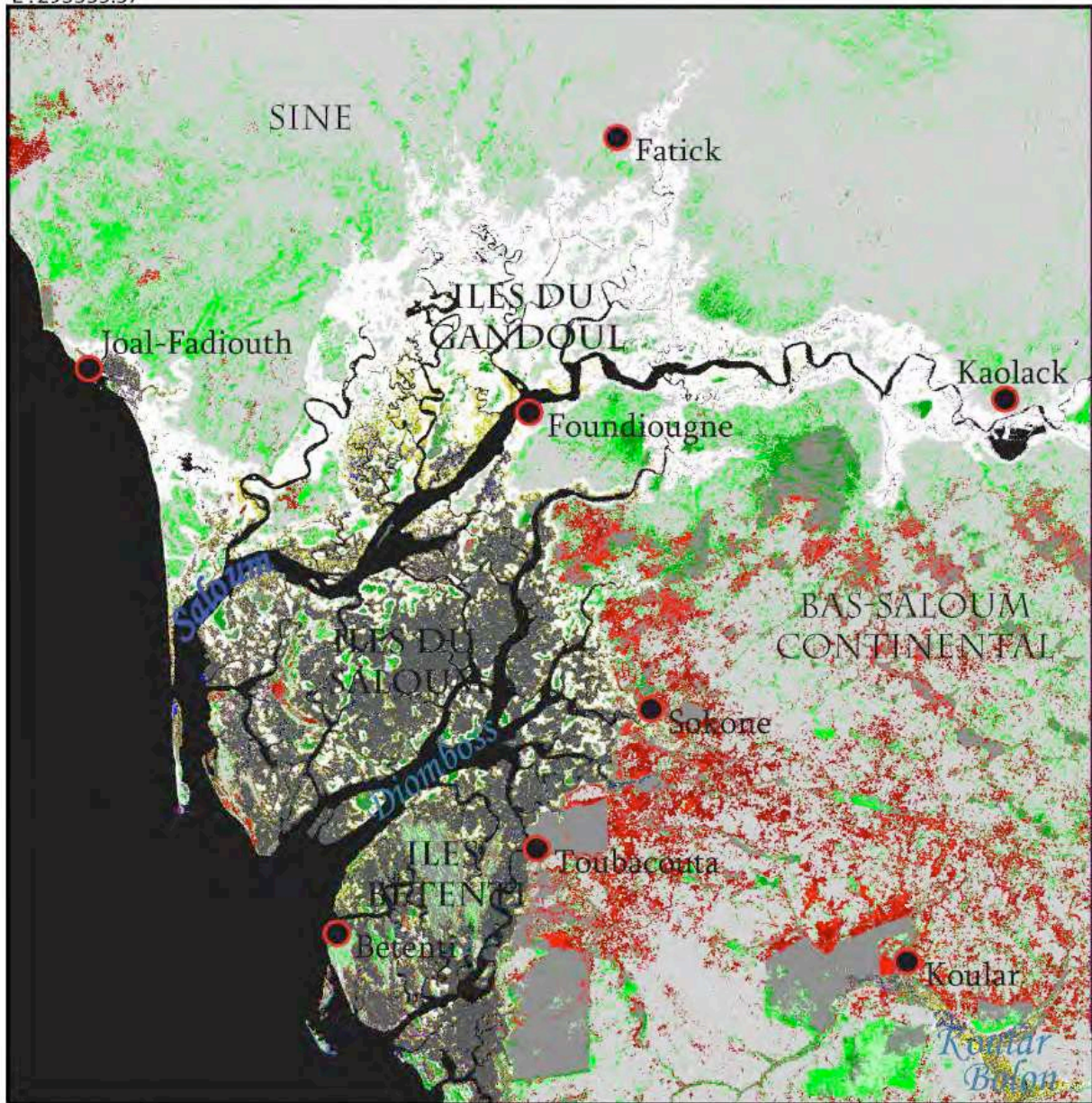


Figure 7 : Évolutions du niveau de fragmentation des superficies boisées en vasières et en terre ferme (de la fin des années 1970 au début des années 2000) dans le nord bissau-guinéen



N : 1596802.61  
E : 293335.37

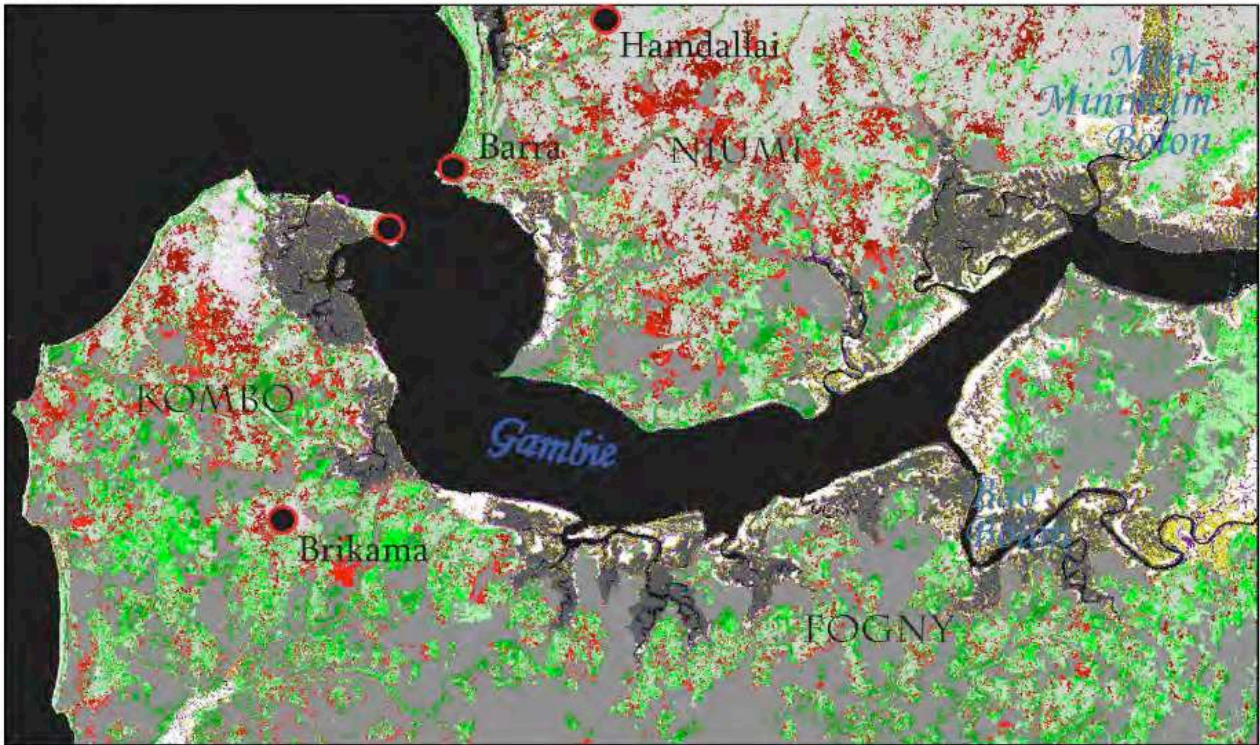


N : 1500763.44  
E : 387279.82

Terre ferme	Boisements stables	■	Non boisé stable	■
	Régression boisements	■	Ancien	Temporaire
	Progression boisements	■	■	■
Interface Eau/mangrove	Mangroves stables	■	Eau stable	■
	Régression mangroves	■	Ancien	Temporaire
	Progression mangroves	■	■	■
Interface mangroves / tannes ou rizières	Tannes ou rizières stable	■		
	Régression mangroves	■	Ancien	Temporaire
	Progression mangroves	■	■	■
	Eau/mangrove/tanne	■	Erreurs	■

↑  
UTM zone 30  
A partir d'images LANDSAT  
P 205 - R 050 1979 - 1988 - 1999  
0 15 km

Figure 8 : Carte des changements de l'occupation du sol dans le Saloum



<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		Ancien		Temporaire	
	Progression mangroves					
<b>Interface mangroves / tannes ou rizières</b>	Tannes ou rizières stable					
	Régression mangroves		Ancien		Temporaire	
	Progression mangroves					
	Eau/mangrove/tanne		Erreurs			

N:1451406.62  
E: 387613.43

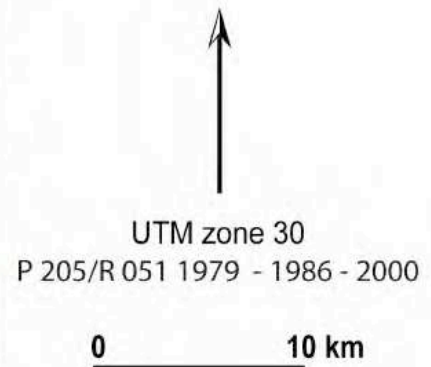
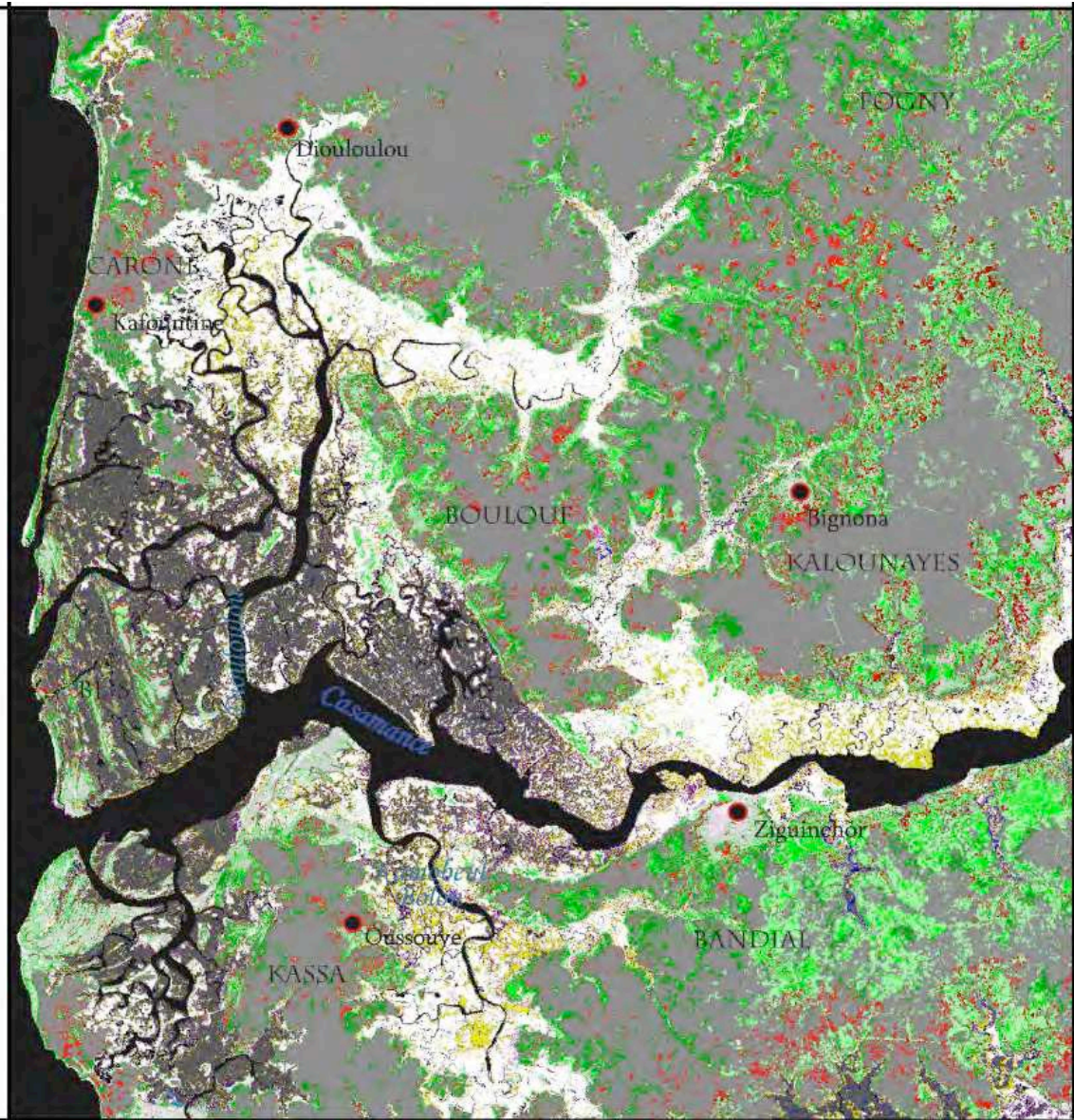


Figure 9 : Carte des changements de l'occupation du sol dans la Western-Division

3258.12



5563.83

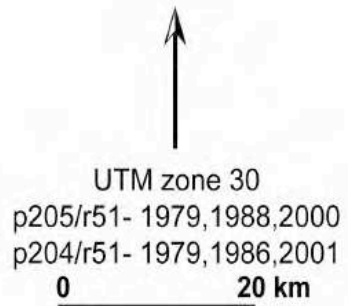
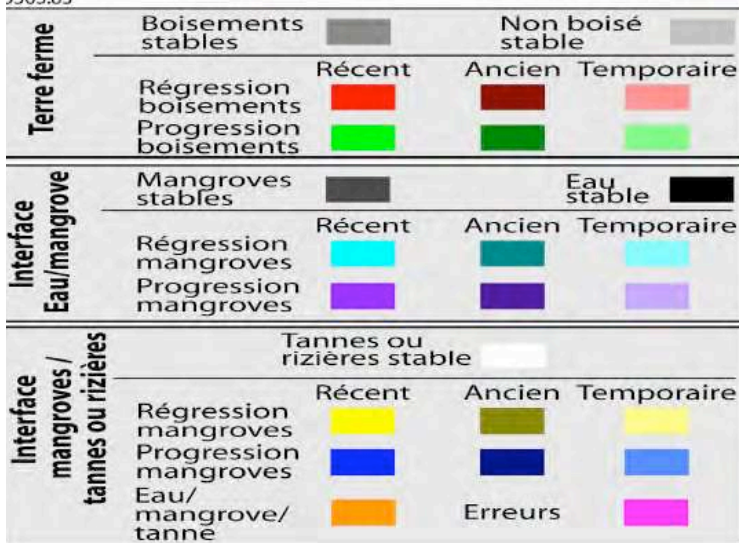
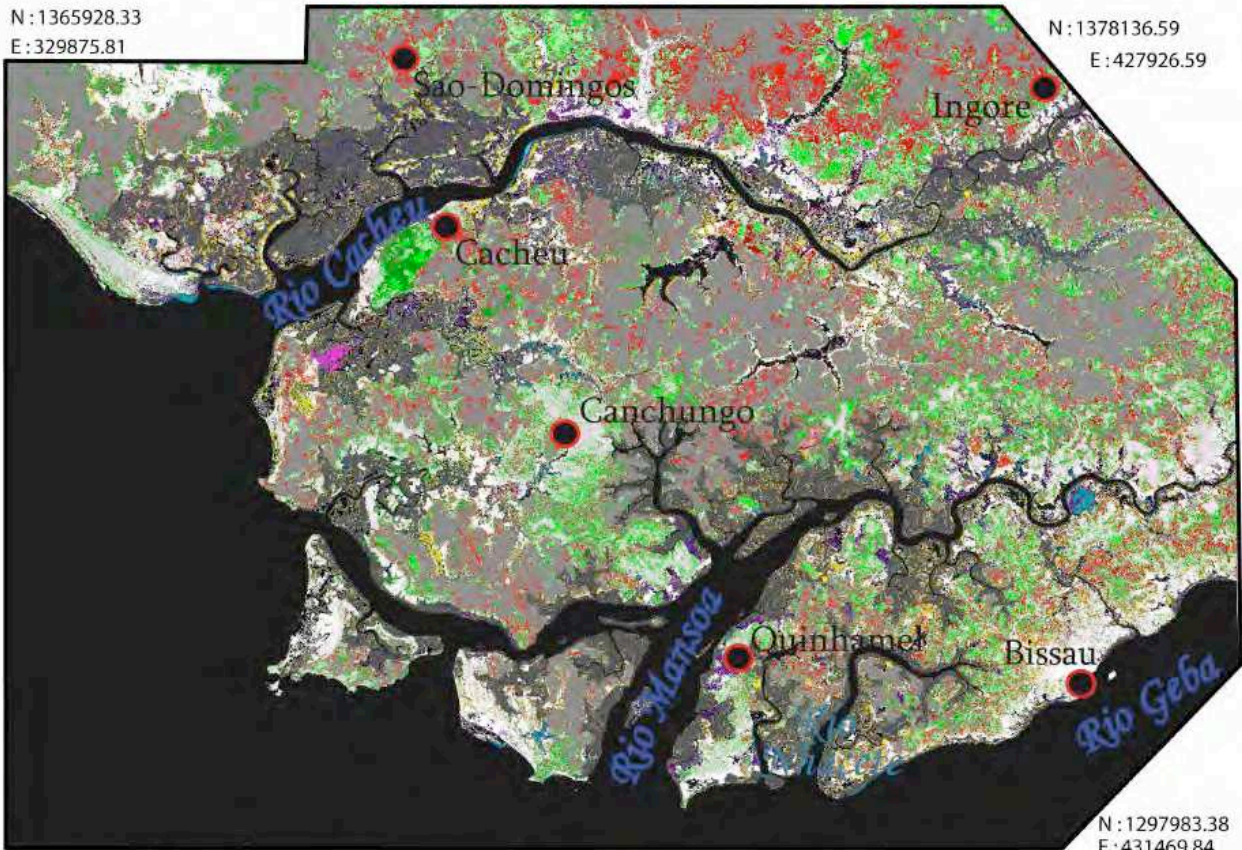


Figure 10 : Carte des changements de l'occupation du sol en Basse-Casamance

N : 1365928.33  
E : 329875.81

N : 1378136.59  
E : 427926.59



N : 1297983.38  
E : 431469.84

<b>Terre ferme</b>	Boisements stables		Non boisé stable		
	Régression boisements	Récent	Ancien	Temporaire	
	Progression boisements	Récent	Ancien	Temporaire	
<b>Interface Eau/mangrove</b>	Mangroves stables		Eau stable		
	Régression mangroves	Récent	Ancien	Temporaire	
	Progression mangroves	Récent	Ancien	Temporaire	
<b>Interface mangroves / tannes ou rizières</b>	Tannes ou rizières stable				
	Régression mangroves	Récent	Ancien	Temporaire	
	Progression mangroves	Récent	Ancien	Temporaire	
	Eau/mangrove/tanne		Erreurs		

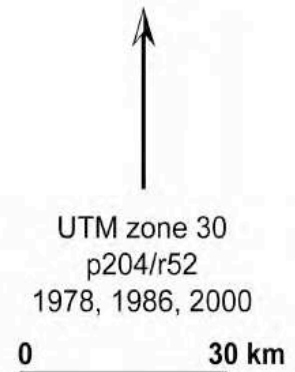


Figure 11 : Carte des changements de l'occupation du sol dans le Nord bissau-guinéen