

MISE À JOUR DE LA CARTE D'OCCUPATION DES SOLS DES PROVINCES CÔTIÈRES DE GUINÉE-BISSAU

François Cuq *, Véronique Madec **, Françoise Gourmelon *

RÉSUMÉ. Cet article présente la chaîne méthodologique de mise à jour d'une carte d'occupation des sols à l'aide d'une image du satellite Landsat-5, en employant des méthodes d'analyse spatiale et en étalonnant des modèles d'évolution du couvert à partir de vérifications sur le terrain.

• ANALYSE SPATIALE • CARTOGRAPHIE AUTOMATIQUE • SIG • TÉLÉDÉTECTION ABSTRACT. This article presents the methodogical process concerning the updating of a ground occupation map thanks to an image of Landsat-5 satellite. It is made possible by using spatial analysis methods and by controlling some cover evolution models from checkings on the ground.

• AUTOMATIC CARTOGRAPHY • GIS • REMOTE SENSING • SPATIAL ANALYSIS

RESUMEN. Este artículo presenta la cadena metodológica de puesta al día de un mapa de ocupación del suelo gracias a una imagen del satélite Landsat-5, utilizando métodos de análisis espacial y contrastando modelos de evolución del arbolado a partir de verificaciones sobre el terreno.

• ANÁLISIS ESPACIAL • CARTOGRAFÍA AUTOMÁTICA • SIG • TELEDETECCIÓN

C'est à la demande du Bureau de planification côtière du Ministère du développement rural et de l'agriculture (MDRA) bissau-guinéen et de l'Union mondiale pour la nature (UICN) qu'a été entreprise cette opération de mise à jour. La précédente carte avait été publiée à 1 : 200 000 en 1978 (SCET International, 1978). La mise à jour a porté sur les provinces côtières du pays, soit environ 80% de la surface totale de la Guinée-Bissau.

Afin de répondre à des contraintes de temps et de coûts, nous avons proposé de tester la faisabilité d'une méthode de mise à jour au sein d'un système d'information géographique (SIG) en utilisant une image du capteur Thematic Mapper du satellite Landsat-5, dont la résolution au sol est de 30 x 30 m, compatible avec les échelles d'analyse et de restitution souhaitées. La chaîne méthodologique mise au point a comporté les étapes suivantes :

- numérisation de la carte à 1 : 200 000 de 1978,
- prétraitement et analyse de l'image satellitaire enregistrée en novembre 1987,

- vérification de la qualité géométrique des deux couvertures,
- fusion géométrique de ces deux couvertures et constitution d'une table d'attributs croisés,



1. Localisation de la zone d'étude

- * Géosystèmes, URA 1518 CNRS, UFR Sciences, Université de Bretagne ocidentale, BP 809, 29285 Brest cedex
- ** URA 904 CNRS, UFR Lettres, Université de Bretagne ocidentale, BP 814, 29283 Brest cedex

- séparation des types de paysages en fonction de leur degré d'hétérogénéité spatiale sur l'image,
- mise au point de modèles d'évolution étalonnés à l'aide d'observations de terrain,
- production de la couverture d'occupation des sols mise à jour,
- définition des principes sémantiques et sémiologiques de cartographie,
- édition des résultats.

Constitution des plans d'information

La numérisation de la carte d'occupation des sols de 1978 a nécessité les opérations suivantes :

- le report manuel des contours des aplats thématiques et des croix de repérage sur un support indéformable (une planche par feuille),
- la numérisation, puis la vectorisation des contours,
- le contrôle de la fermeture des polygones et la création de la topologie,
- l'association d'un code d'occupation des sols à chaque étiquette de polygone.

Cette opération a nécessité six mois de travail en raison de la complexité du document d'origine et du nombre de polygones d'occupation du sol (9 000 environ) (1).

L'image satellitaire a présenté d'emblée une très bonne correspondance avec cette carte, à l'exception de phénomènes de lisières d'importance négligeable à l'échelle d'analyse souhaitée. Les décalages ne dépassaient jamais un pixel, soit 30 m au sol, ou 0,15 mm à 1 : 200 000, ce qui correspond à l'épaisseur du trait. Les deux couvertures ont ensuite été fusionnées par intersection géométrique. Chaque nouveau polygone ainsi constitué comportait donc deux attributs thématiques correspondant, l'un au code d'occupation du sol initial, et l'autre au type d'état de surface de l'image.

Définition des critères de mise à jour

Il est très vite apparu qu'il n'était pas possible d'établir une mise à jour directe de l'occupation des sols en opérant une simple réaffectation à partir du tableau croisé des attributs de la carte et des codes de classification de l'image. En effet, cette opération n'est réalisable que pour des représentations spatiales comparables, c'est-à-dire des paysages homogènes. Certains polygones d'occupation du sol correspondent, en effet, à des états de surface très hétérogènes sur

l'image et ne peuvent donc être mis en correspondance directe. Pour résoudre ce problème, nous avons procédé à une segmentation de la classification fondée sur une analyse de la distribution spatiale des polygones d'états de surface. Cette analyse de macro-texture a opéré une segmentation spatiale des paysages en regroupant les états de surfaces suivants :

- les ensembles spatialement homogènes à faible variation radiométrique correspondant principalement aux couverts forestiers.
- les ensembles à variation spectrale moyenne et à forte hétérogénéité spatiale caractérisés par des sols nus très réflectants et peu de végétation active, qui correspondaient principalement aux espaces cultivés, aux villes et aux villages,
- les ensembles d'assez forte hétérogénéité spatiale présentant des états de surface caractéristiques des estrans humides, des tannes sursalés, des savanes littorales et de la végétation de mangrove,
- les ensembles à forte hétérogénéité spatiale et spectrale, caractérisés par des regroupements d'états de surface extrêmement différents et peu significatifs pris séparément (sols nus, eau libre, végétation active, mangrove, etc.) qui correspondaient aux rizières.

Ayant séparé ces différents ensembles, nous avons défini pour chacun d'eux des principes de mise à jour et une série d'hypothèses d'évolution permettant d'expliquer les concordances ou les discordances entre les états de surface qui les composent et les polygones de la carte d'occupation du sol. Cette opération a été menée lors d'un séminaire organisé à Bissau avec le personnel du Bureau de planification côtière, puis confirmé après avoir vérifié la validité de ces hypothèses sur le terrain.

Les principes de mise à jour et les hypothèses d'évolution des paysages ont été les suivants.

Pour le couvert forestier et les palmeraies — L'image ne permet pas d'établir de distinction entre les différents niveaux taxinomiques de la carte d'occupation des sols (palmeraies, forêts sèches, semi-sèches, de transition, semi-humides, etc.). Les limites thématiques de la précédente carte sont donc conservées. Seuls les défrichements peuvent être mis en évidence; la mise à jour ne porte donc que sur les aspects géométriques du couvert.

Pour le milieu agricole — Comme c'était déjà le cas pour la carte de 1978, il a été décidé d'effectuer un regroupement

entre l'habitat et le milieu agricole, l'image ne permettant pas d'opérer une distinction nette. Par contre, les défrichements récents sont particulièrement faciles à mettre en évidence. Un essai d'identification des nouvelles plantations d'anacardiers (phénomène important en Guinée-Bissau) devait être tenté, et il fallait analyser l'évolution des jachères récentes et anciennes.

Pour cela diverses hypothèses d'évolution ont été retenues :

Thème sur la carte de 1978	État de surface d'après la classification	Dynamique	Mise à jour
Forêt	sol nu, végétation peu dense	défrichement	agriculture
Agriculture	sol nu végétation peu dense	stabilité	agriculture
Agriculture	végétation dense et peu réflectante	repousse ou plantations	jachère ou plantations
Jachère	végétation dense et peu réflectante	reconquête forestière	forêt secondaire

À de très rares exceptions près, les jachères anciennes sur la carte n'apparaissaient jamais comme nouvellement défrichées sur l'image. Deux possibilités s'offraient donc : soit les défrichements sont majoritairement opérés dans les forêts très anciennes, plus facilement pénétrables, soit une grande partie des jachères anciennes sont remplacées par des plantations d'anacardiers. La première possibilité est apparue, après vérification, comme la plus vraisemblable, les plantations d'anacardiers étant beaucoup trop ponctuelles pour êre réellement mises en évidence à l'échelle du 1 : 200 000.

Pour les rizières — Le niveau de détail apporté par l'image entre les sols nus, la végétation rase, l'eau libre, etc., n'étant que la traduction d'un état instantané de la rizière, il nous a semblé inutile de subdiviser ce thème. Par contre il était indispensable d'établir une distinction entre les rizières actives et les rizières abandonnées.

Dans les rizières traditionnelles, les digues suivent les courbes de niveaux et donc le contour des marigots et des petits estuaires côtiers; dans les rizières plus récentes, l'endiguement barre l'entrée du marigot ou de l'estuaire. Pour analyser le niveau de qualité de la rizière, la mangrove était un bon indicateur : les rizières actives traditionnelles peuvent présenter un alignement de mangrove, de structure

spatiale linéaire, situé entre le marigot et la digue; il n'y a pas, par contre, de mangrove dans les rizières actives récentes. Le repérage des rizières dégradées a donc pu être réalisé en analysant le niveau de compacité et la distribution spatiale des mangroves. Le modèle a été étalonné par la multiplication d'observations au sol servant à déterminer de façon précise le seuil de rejet.

Pour l'estran et les savanes littorales — La classification de l'image permettait des distinctions de structure et de compacité de la végétation de mangrove. Nous avons donc décidé d'introduire ces aspects dans la mise à jour, l'image remplaçant complètement la carte de 1978 quant à la description des milieux intertidaux. Les savanes littorales, quant à elles, présentent une grande stabilité et on ne note que très peu d'évolution (défrichements en particulier).

Production de la nouvelle couverture d'occupation du sol et cartographie des résultats

Une fois l'ensemble des principes de mise à jour définitivement retenus et les modèles d'évolution étalonnés, la mise à jour proprement dite a consisté en la création d'un nouvel attribut thématique contenant le code de mise à jour de l'occupation des sols. À partir de ce nouvel attribut thématique, nous avons réalisé une dissolution des contours des polygones adjacents ayant le même code d'occupation du sol, afin de produire la couverture définitive de mise à jour.

Règles d'édition cartographique

- Alors que nous préservions la nomenclature des classes d'occupation du sol de la précédente carte, nous avons décidé de modifier les couleurs qui avaient été initialement retenues, de façon à permettre deux niveaux de lecture, l'un général, et l'autre plus détaillé. Pour cela, nous avons associé aux variations topographiques un nuancier allant des teintes foncées pour les bas-fonds aux teintes plus claires pour les plateaux. De même, le couvert forestier étant spatialement très important en Guinée-Bissau, nous avons associé la végétation sèche à des teintes chaudes et la végétation humide à des teintes froides.
- Étant donné la résolution spatiale de Thematic Mapper, un grand nombre de très petites parcelles existaient sur la couverture finale. Il était donc indispensable de définir des principes de généralisation cartographique : les petites parcelles en contraste thématique avec leur environnement ont été préservées, voire agglomérées si elles étaient très

GUINÉ-BISSAU

REGIÕES COSTEIRAS RÉGIONS CÔTIÈRES

MAPA DE OCUPAÇÃO DOS SOLOS CARTE D'OCCUPATION DES SOLS

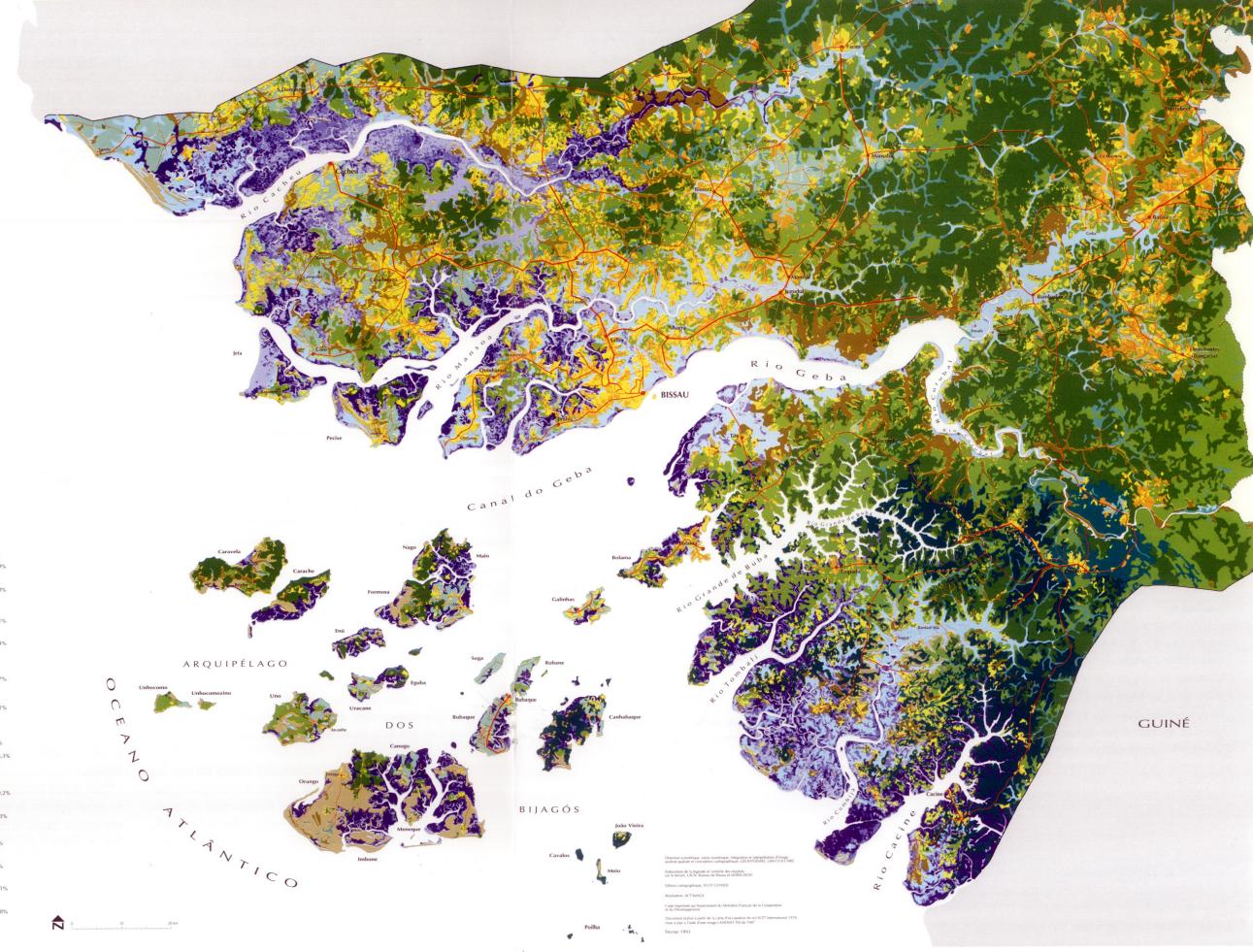
Projection UTM zone 28 ellipsoïde de Clark 1880



Capitale de secteur
Village

cipal pavidamentada Principales routes goudronnées
Estrada principal Principales routes
Estrada secundária Routes secondaires

Limites de Fronteira Limites d'Etat
Limites de regiões ---- Limites de région



proches les unes des autres afin de renforcer leur lisibilité; les parcelles dont le thème était proche de celui de leur environnement ont été éliminées. La surface minimum admissible a été fixée après différents essais à 1,5 x 1,5 mm sur la carte, soit 9 hectares sur le terrain.

- La carte a ensuite été habillée en superposant les routes, les limites administratives, les villes et les villages.
- Nous avons préféré imprimer la carte en quatre feuilles A1 (60 x 80 cm), plutôt qu'en deux feuilles A0 (80 x 120 cm) pour des raisons de manipulation plus aisée sur le terrain.

Cette carte a été publiée à 3 000 exemplaires (Cuq et al., 1993) avec le concours financier du ministère français de la Coopération, les sociétés Scot-Conseil et Act'image jouant respectivement le rôle d'éditeur et de réalisateur final. Elle a été distribuée à l'ensemble des services techniques de Guinée-Bissau et sert de document de base pour la planification des activités de développement et de protection des milieux naturels.

Discussion

Cette méthode de mise à jour n'aurait pu être employée s'il avait fallu changer la nomenclature établie en 1978. Elle ne pourrait pas être utilisée pour réaliser une carte d'occupation des sols sans document préexistant. Si le résultat apparaît comme étant globalement satisfaisant, la méthode a montré ses limites pour tenter de décrire plus précisément les secteurs nouvellement plantés en anacardiers et, de façon plus accessoire, pour décrire la zonation des formations de palétuviers.

Conclusion

Depuis la publication de cette carte, le laboratoire Géosystèmes a poursuivi ses activités en Guinée-Bissau en collaborant au programme scientifique de la réserve de biosphère de l'Archipel des Bijagos (Cuq, 1993). Dans ce cadre, une collaboration avec l'Institut d'études et de recherche guinéen a été établie pour constituer une base d'information géographique analysable au 1 : 50 000 et un

membre du Bureau de planification côtière a été accueilli au laboratoire pendant deux ans pour se former à l'utilisation des méthodes de l'analyse spatiale. Un premier transfert de technologie aura lieu courant 1996, un second volet étant prévu en 1997

(1) Le traitement de l'image satellitaire a été réalisé de la façon suivante : des prétraitements radiométriques et atmosphériques (5S) ont tout d'abord été appliqués, puis l'image a subi une transformation géométrique afin de la projeter selon le référentiel UTM. Une classification des états de surface à partir des bandes TM 1,2,3,5 et 7 a ensuite été calculée. Les contours de classes ont été vectorisés puis on a procédé au calcul de la topologie.

Références bibliographiques

Collectif, 1994, *Guinée-Bissau, Planification côtière*, document d'information. UICN, MDRA, DGFC, 33 p., 1 carte ht.

CUQ F., 1993, Zonation du littoral de Guinée-Bissau pour la gestion et la conservation des ressources naturelles. Actes du colloque «Les systèmes d'information géographique, outils de gestion de l'environnement et des ressources naturelles dans les pays en voie de développement, Paris, Ministère de la coopération, Ministère des affaires étrangères, vol. 2, p. 16-20

CUQ F., GOURMELON F. et MADEC V., 1993, *Planification côtière de Guinée-Bissau*, vol. 2, 3 cartes ht: occupation des sols de Guinée-Bissau, au 1: 200 000, 4 feuilles A1; carte des unités physiographiques, au 1: 500 000, 1 feuille A1; carte de l'environnement socio-économique, au 1: 500 000, 1 feuille A1. UICN/DGFC-MDRA, traduit en français, anglais et portugais.

CUQ F., 1994, «Information géographique et analyse spatiale au service du développement et de la conservation de l'archipel des Bijagos (Guinée-Bissau)», *IUCN Newsletter*, IUCN Wetlands Programme, p. 12-13.

SCET International, 1978, *Mapa da occupação dos solos, Republica da Guine-Bissau*. 1 : 200 000. Fonds d'aide et de coopération de la République Française et Comissariado de Estado de Agricultura e Pecuaria. 2 feuilles format A0.