

# UNE PREMIÈRE ÉTAPE VERS LA CARTOGRAPHIE DES ÉTATS DE SURFACE DU DEGRÉ CARRÉ DE NIAMEY : PRÉTRAITEMENTS GÉOMÉTRIQUE ET RADIOMÉTRIQUE DES IMAGES SPOT DU 24 OCTOBRE 1988

Franck TIMOUK, Jacques NOËL

*Mission technique Télédétection, ORSTOM  
BP 11416, Niamey, Niger*

## RÉSUMÉ

On présente ici les traitements qui ont été réalisés pour homogénéiser les données des six scènes SPOT dont l'acquisition est nécessaire pour couvrir le degré carré de Niamey. Les données concernées par ces traitements sont celles des deux radiomètres Haute Résolution Visible (HRV1 et HRV2) multispectraux embarqués à bord de SPOT1, en date du 24 octobre 1988. Il s'agissait d'obtenir une spatio-carte préalable à la cartographie des états de surface au 1/200 000 du degré carré et de mettre au point une méthode de traitement réutilisable pour d'autres dates. Les principales étapes de ce traitement sont : la calibration radiométrique, la mosaïque des six images, l'atténuation du gradient bioclimatique et enfin la correction géométrique. Les spatio-cartes ainsi réalisées sur le degré carré au 1/200 000 et sur le Super-Site Central au 1/50 000 sont fournies comme illustration de ce travail.

## ABSTRACT

The processing carried out to homogenize the data from the six SPOT images needed to cover the Niamey one by one degree square is presented. The data concerned, in date of 24 October 1988, come from the two multi-channels High Resolution Visible radiometers embarked aboard SPOT1. The aim was to design a method that could be used for any other date and to obtain a preliminary document from which a land surface features map could be derived. The main steps of the processing are: the radiometric calibration, the building of a mosaic of the six images, the attenuation of the bioclimatic gradient, and, finally, the geometric correction. The maps resulting from these treatments are given to illustrate this work.

## 1. INTRODUCTION

Cette étude reprend et complète un travail commencé par Dominique COURAULT en 1991. Le traitement de six images satellites SPOT1 multispectrales du 24 octobre 1988 couvrant l'ensemble du degré carré de Niamey (13° N-14° N, 2° S-3° S) a permis d'établir une spatio-carte à l'échelle 1/200 000. Ce document intermédiaire est une première approche vers l'identification d'unités d'états de surface sahéliens par télédétection et de prospection de sites pilotes pour l'expérience HAPEX-Sahel (composition colorée en figure 1). On décrit ici l'ensemble des opérations qui ont été nécessaires à la réalisation d'une spatio-carte superposable à la feuille topographique de Niamey. Il s'agit, d'une part, des corrections géométriques et de l'homogénéisation radiométrique, et, d'autre part, de la discrimination des confusions radiométriques pour la classification.

## 2. MATÉRIEL UTILISÉ

Les systèmes de traitement d'images, fonctionnant sur station SUN, PLANETES (RAKOTO M., 1992) et TEIS développés à l'ORSTOM par Jacques NOËL, ont permis la réalisation de l'ensemble des opérations. Deux programmes en langage C ont été développés au standard « PLANETES » pour faciliter les opérations de localisations géographiques et de navigation sur images satellites « hautes résolutions » par Franck TIMOUK et Jean-Yves LAISNE. Ils ont été inspirés par les modules de même type du logiciel TRISKEL mis au point par D. DAGORNE de l'antenne ORSTOM au Centre de météorologie spatiale de Lannion. Pour les traitements thématiques, la visualisation et l'échantillonnage se sont réalisés sur la console 24 bits d'un PERICOLOR 3000. La restitution graphique des résultats s'est réalisée sur imprimante CALCOMP grâce à l'intégration du matériel de l'unité de traitement d'images de l'ORSTOM-Niger dans la chaîne d'acquisition-traitement-restitution de données satellitaires du centre AGRHYMET (Comité inter-États de lutte contre la sécheresse au Sahel).

## 3. CARACTÉRISTIQUES DES IMAGES DU DEGRÉ CARRÉ DE NIAMEY

Six images SPOT sont nécessaires pour couvrir le degré carré de Niamey. Dans la grille de référence SPOT, elles sont centrées sur les nœuds des K 61 et 62 et des J 322, 323 et 324. Les données images sont acquises simultanément par les deux instruments Haute Résolution Visible multispectraux de SPOT1.

Une première stratification du degré carré a dans un premier temps permis d'identifier cinq domaines physiographiques à partir des cartes pédologiques au 1/500 000 et d'un indice de végétation NOAA (COURAULT *et al.*, 1991). Ils mettent principalement en évidence un gradient nord-sud et la répartition spatiale de grands ensembles géomorphologiques. A ces latitudes de transition soudano-sahélienne, l'ensemble du degré carré, d'une surface d'environ 12 000 km<sup>2</sup>, est marqué par un fort gradient bioclimatique nord-sud. Nous avons dans un premier temps observé le long de ce gradient, les signatures spectrales d'un taxon facilement identifiable par les thématiciens. Les bordures de plateaux cuirassés présentent cet avantage. Les écarts de comptes numériques entre le nord et le sud sont de 1 à 20 dans le canal proche infrarouge, de 1 à 10 dans le rouge et inexistant dans le vert. Ces écarts sont dus, dans ce cas, aux implantations arbustives, qui se densifient vers les latitudes méridionales, sur les ruptures de pentes et les ravines qui festonnent le talus des plateaux. Pour cette première cartographie, nous avons uniquement retenu l'importance du gradient, contrainte majeure pour l'identification des structures.

## 4. PRÉTRAITEMENTS DES IMAGES

Nous décrivons ici les prétraitements élémentaires pour la mise en conformité géographique et radiométrique des images.

### 4.1. Calibration radiométrique

Il est entendu par calibration radiométrique, l'ajustement des données acquises par l'instrument HRV2 de SPOT1 sur celles de l'HRV1. Le manque de données sur l'état de l'atmosphère ne nous a pas permis d'effectuer une transformation de compte numérique en réflectance sol. A partir de zones échantillons prélevées sur les bandes de recouvrement commun des images, nous avons ajusté la dynamique des valeurs (tableau 1). Cette étape permet d'homogénéiser les images avant leur assemblage.

#### 4.2. Mosaïque des six images SPOT

Cette étape consiste à reconstituer le segment d'images ouest puis à injecter les images ajustées une à une dans un fichier de réception (9 140 lignes, 7 660 colonnes). Après repérage de points d'appui d'injection, la mosaïque en ligne s'est effectuée en supprimant les 150 pixels correspondant aux trois kilomètres de recouvrement.

#### 4.3. Atténuation du gradient bioclimatique

La nature linéaire de ce gradient autorise une partition arbitraire de l'image du degré carré en 10 bandes de 6 minutes chacune. Les valeurs de chaque bande, pour les canaux nécessitant une homogénéisation, ont subi les corrections nécessaires, soit l'addition dans la direction nord-sud d'un incrément de 1 pour le canal XS2 et de 2 pour le canal XS3. Cette étape est essentiellement guidée par le choix délibéré de faciliter la synthèse cartographique des paysages du degré carré au dépend de la réalité du thème « végétation ».

**Tableau 1** : Ajustement dynamique par segmentations à partir des zones échantillons prélevées sur la bande de recouvrement des images ouest et est (K61 : HRV1 et K62 : HRV2); scènes SPOT1 du 24 octobre 1998.

	Coordonnées des zones prélevées sur la bande de recouvrement				Ajustement des comptes numériques des images du K62 sur celles du K61					
	Lignes		Colonnes		XS1		XS2		XS3	
	K61	K62	K61	K62	K61	K62	K61	K62	K61	K62
J 322	59; 308	662; 811	3642; 3791	170; 319	0; 57 58; 110 111; 255	0; 59 60; 116 117; 255	0; 50 51; 70 71; 90 91; 110 111; 120 121; 255	0; 58 59; 81 82; 104 105; 126 127; 137 138; 255	0; 70 71; 110 111; 130 131; 255	0; 76 77; 115 116; 134 135; 255
J 323	59; 308	662; 811	3642; 3666	168; 182	0; 50 51; 60 61; 80 81; 255	0; 52 53; 63 64; 84 85; 255	0; 50 51; 60 61; 70 71; 80 81; 85 86; 255	0; 57 58; 69 70; 81 82; 93 94; 99 100; 255	0; 70 71; 80 81; 90 91; 100 101; 255	0; 73 74; 84 85; 95 96; 106 107; 255
J 324	362; 862	866; 1366	3623; 3723	150; 250	0; 50 51; 60 61; 70 71; 80 81; 90 91; 255	0; 51 52; 62 63; 73 74; 84 85; 95 96; 255	0; 50 51; 60 61; 70 71; 80 82; 92 81; 90 91; 255	0; 58 59; 69 70; 81 82; 92 81; 90 104; 255	0; 80 81; 120 121; 255	0; 85 86; 125 126; 255

#### 4.4. Correction géométrique

Nous avons disposé de la feuille topographique IGN 1/200 000 de Niamey (1980), seul document assez précis et disponible pour cette opération. Après repérage des points d'appui de correspondance entre les pixels et les coordonnées cartographiques kilométriques (*ellipsoïde de Clark 1880, projection U.T.M 31*), il a été calculé à l'aide du programme « Grille » (TEIS) deux polynômes du second degré (en ligne et colonne), sur les trois meilleurs points d'appui (tableau 2). La formule, une fois validée, a servi à l'anamorphose du fichier (translation, rotation, mise à l'échelle de sortie), ce qui induit une déformation des pixels de base. La taille moyenne du pixel est de 25,346 mètres en colonne et 25,287 mètres en ligne à l'échelle 1/200 000.

**Tableau 2 :** Table de correspondance entre les points d'appui satellitaires de la mosaïque des 6 images SPOT et cartographiques de la feuille topographique IGN de Niamey (en kilomètres).

Amers	Ligne	Colonne	Latitude	Longitude
A	2 266	5 889	496.0	1 534.4
B	6 622	6 558	496.3	1 446.2
C	5 164	1 323	397.2	1 490.8
D	4 805	3 311	437.6	1 491.6
E	6 858	3 131	427.9	1 451.7
F	2 699	1 090	400.0	1 539.9

Les polynômes ont été calculés sur A, F et E et validés sur B, C et D. La formule d'anamorphose s'établit comme suit (l et c étant respectivement les numéros de ligne et de colonne) :

$$X = (-0,29768 [l]) + (1,97356 [c]) + 386,52$$

$$Y = (-1,97692 [l]) + (-0,29928 [c]) + 1596,45$$

La précision planimétrique est de l'ordre de 150 m. Les imprécisions du document cartographique de référence et du modèle de déformation ne nous permettent pas de diminuer cette erreur qui reste acceptable à l'échelle 1/200 000.

### 5. EXEMPLE DE RÉALISATION D'UNE SPATIO-CARTE EN RELATION AVEC LES ÉTATS DE SURFACE OBSERVÉS AU SAHEL

La notion d'état de surface correspond à la définition, à l'échelle du mètre carré, d'une unité fonctionnelle homogène d'un point de vue hydrodynamique. Cette unité est décrite par le couvert végétal, l'organisation pédologique superficielle, l'utilisation du sol et la géomorphologie du site. La reconnaissance de ces états de surface par télédétection, notamment avec la résolution de vingt mètres des satellites SPOT, implique la recherche d'une ou plusieurs unités élémentaires jointives. Pour les images du mois d'octobre 1988, nous avons identifié les objets composites selon le recouvrement par la végétation et la couleur de la surface du sol, mais aussi par la reconnaissance des organisations caractéristiques d'un site. Les caractéristiques spectrales des principales organisations de la surface des sols au Niger nous ont été fournies par Dominique COURAULT (COURAULT *et al.*, 1990).

#### 5.1. Identification des structures « plateaux »

Cette première étape consiste à éliminer les confusions existantes entre les bordures de plateaux cuirassés et les jachères. Sur l'ensemble du degré carré, les plateaux ont été masqués à l'écran en se servant de la limite extérieure des bordures cuirassées latéritiques. Dans le cas où celles-ci n'étaient pas apparentes, deux critères tenant compte des formes de l'objet et de la couleur de la surface ont permis de déterminer une limite de transition géomorphologique :

- 1 - organisation de la végétation (référence aux formations arbustives typiques de plateaux);
- 2 - homogénéité du plateau en composition colorée ou des niveaux de gris dans le canal proche-infrarouge.

Certaines surfaces, plus ou moins tabulaires, le plus souvent ensablées, recouvertes de formes de végétation sans organisation régulière et entaillées par des vallées étroites ont posé des problèmes particuliers de reconnaissance de limites. Il s'agit de lambeaux de surfaces au sud du degré carré qui représentent moins de 10 % de l'espace occupé par les plateaux du degré carré. Ce masque a permis la création de six plans d'information, trois « glacis et bas-fond » et trois « plateau » (XS1, XS2, XS3).

## 5.2. Discrimination des unités

Sur le canal proche-infrarouge des plateaux, les comptes numériques de 69 à 77 identifient les bordures. Le masque permet de dissocier sans équivoque les bordures de plateaux des jachères. La phase d'apprentissage sur la composition colorée du site central de Banizoumbou (20 x 20 km) a mis en évidence, selon une échelle de perception au 1/50 000, 39 types d'états de surface. Les paramètres de statistique descriptive des zones échantillons (moyenne et écart-type) ont permis d'extrapoler les thèmes à l'ensemble du degré carré lors de la classification (méthode sebestyen du logiciel PLANETES). Les canaux « plateau » et « glacis, bas-fond » ont été classés à part. Les deux plans classés ont ensuite été superposés. En interaction avec la connaissance du terrain des thématiciens, les 40 classes élémentaires ont ensuite été agrégées afin d'obtenir douze unités d'états de surface pertinents au 1/200 000 (d'HERBÈS *et al*, 1992). Le lissage des contours et l'élimination des pixels isolés se sont réalisés avec un filtre majoritaire (fenêtre glissante de 5 x 5).

## 6. PERSPECTIVES

L'hétérogénéité du degré carré décrite entre les grands domaines physiographiques n'a, jusqu'à présent, pas été prise en compte. Elle reste pourtant une des contraintes importantes pour l'identification d'unités fonctionnelles.

Les données atmosphériques collectées lors de la Période d'Observation Intensive d'HAPEX-Sahel permettront de corriger les 21 scènes SPOT2 acquises pendant l'expérience pour une meilleure interprétation du comportement spectral des unités de surface.

La validation des travaux sur les images satellites de 1992 qui compléteront cette première approche de cartographie par télédétection des états de surface pourront s'appuyer sur les photographies aériennes à différentes échelles géographiques acquises lors de la Période d'Observation Intensive du programme HAPEX-Sahel.

La cartographie des états de surface à l'échelle 1/50 000 sur le site central de Banizoumbou, qui a suivi cette première carte, a requis une plus grande précision planimétrique (composition colorée en figure 2). L'utilisation des coordonnées géographiques acquises à l'aide de l'instrument du Geodésic Positioning System (GPS) ont permis de placer des transects phyto-écologiques avec une précision de l'ordre de 40 à 60 mètres. Une campagne de relevés de points d'appui sur l'ensemble du degré carré nous permettra à la fois d'améliorer la qualité cartographique des images de 1992, et de poser les références géographiques pour toute intégration et combinaison de données géographiques avec ces informations satellitaires.

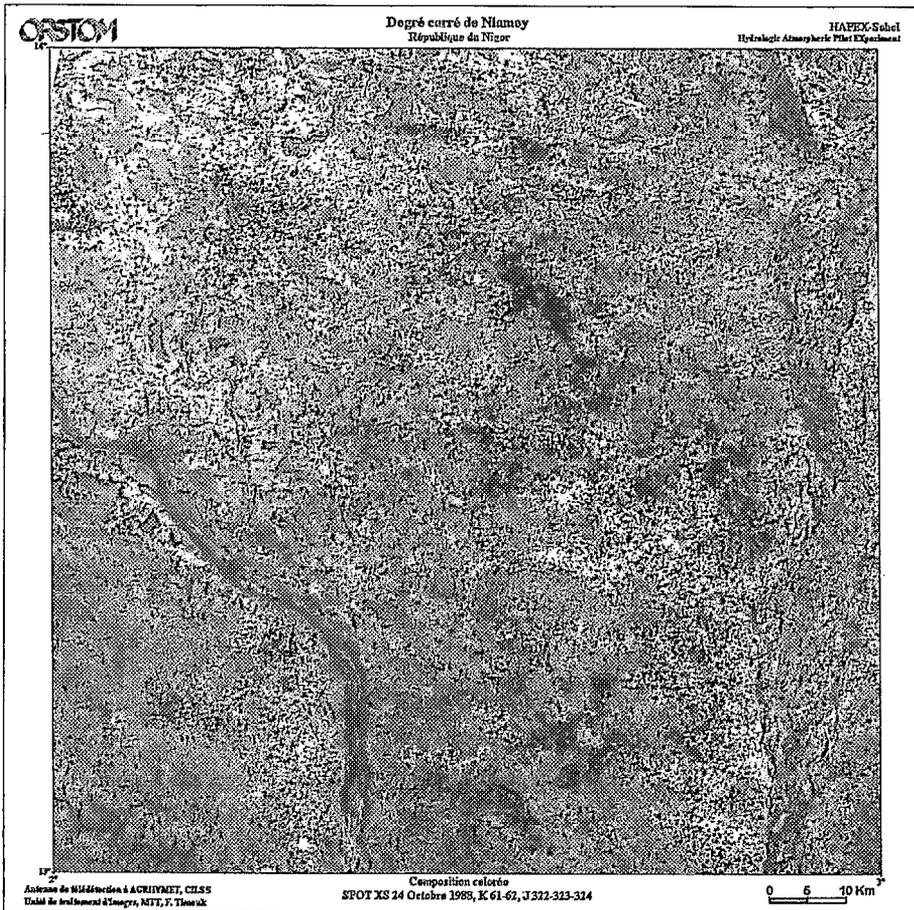


Figure 1 : Mosaïque des images SPOT corrigées géométriquement et radiométriquement sur le degré carré 13° N - 14° N; 2° E - 3° E.



Figure 2. Détail sur le super-site central de la carte de la figure 1  
(13° 29,21' - 13° 40'; 2° 36,77' - 2° 47,88').

## RÉFÉRENCES

- COURAULT D., J.M. D'HERBES, C. VALENTIN, 1990, Caractéristiques spectrales des principales organisations de la surface des sols au Niger, in *Caractérisation et suivi des milieux terrestres en régions arides et tropicales*, compte rendu des deuxièmes journées de télédétection de l'ORSTOM - Bondy 4-6 décembre, Editions de l'ORSTOM, collection Colloques et Séminaires, pp. 39-47.
- COURAULT D., J.M. D'HERBES, C. VALENTIN, D. RÉMY, 1991, Etude de la variabilité spatiale du comportement hydrodynamique des sols au Niger à partir d'images satellitaires, in *Physical Measurements and Signatures in Remote Sensing*, compte rendu du V<sup>e</sup> colloque international - Courchevel, 14-18 janvier, ESA SP-319, pp. 601-604.
- D'HERBÈS J.M., D. COURAULT, F. TIMOUK, C. VALENTIN, 1992, Spatio-carte des états de surface du degré carré de Niamey au 1/200 000, Unité de traitement d'images MTT de l'antenne de télédétection ORSTOM au centre AGRYMET-Cilss, ORSTOM-Niger.
- RAKOTO, M., 1992, logiciel PLANETES version 2.0, ORSTOM-SEAS, La Réunion (2 disquettes SUN).